



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## POUŽITÍ STANDARDU ISA 95 PRO ČÁST VÝROBNÍ LINKY

USING OF ISA 95 FOR PART OF THE PRODUCTION LINE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lukáš Horák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2021

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Kybernetika, automatizace a měření**

Ústav automatizace a měřicí techniky

**Student:** Bc. Lukáš Horák

**ID:** 195314

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2020/21

**NÁZEV TÉMATU:**

## Použití standardu ISA 95 pro část výrobní linky

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Popište standard ISA 95.
2. Popište konstrukci automatizovaného panákovače a lisu podtáčeků.
3. Na základě návrhu realizujte fyzické uspořádání obou strojů.
4. Vytvořte aplikaci komponentů modelu podle standardu.
5. Realizujte implementaci standardu pro automatizovaný panákovač a lisování podtáčeků.
6. Ověřte své řešení.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

ANSI/ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology

**Termín zadání:** 8.2.2021

**Termín odevzdání:** 17.5.2021

**Vedoucí práce:** Ing. Radek Štohl, Ph.D.

**doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá návrhem a implementací standardu ISA-95 na vytvořenou výrobní linku. V teoretické části je popsán standard a jeho modely, dále pak jednotlivé zvolené softwary, které pro aplikování standardu byly použity. Následuje popis konstrukce a programového vybavení obou zařízení, ze kterých je následně fyzickým uspořádáním vytvořena výrobní linka. Další část práce se zabývá návrhem a aplikováním dávkového řízení. To je základem pro implementaci standardu ISA-95, který využívá specifické softwarové prostředky ke sběru dat a jejich vizualizaci. V poslední části bylo provedeno ověření funkčnosti linky a realizovaného návrhu. Na závěr byla zhodnocena výroba na základě analyzovaných dat z testovací výroby.

## **Klíčová slova**

Standard ISA-95, dávkové řízení, lis, barman, výrobní linka, FactoryTalk

## **Abstract**

This thesis deals with the design and implementation of the ISA-95 standard on a newly created production line. The standard and its models are described in the theoretical part, following with the individual selected software solutions, which were used for the standard's application. Subsequently, a description of the construction and program tools of both devices, which by physical arrangement and their connection create the production line, is provided. The next part of the thesis deals with the design and application of a batch control process. This is the basis for an ISA-95 standard implementation, which uses specific software resources for data acquisition and visualization. A functional verification of the production line and realized design was done within the last part. The conclusion presents an evaluation of production based on analyzed data from the test production.

## **Keywords**

Standard ISA-95, batch control, press, bartender, production line, FactoryTalk

## **Bibliografická citace**

HORÁK, Lukáš. *Použití standardu ISA 95 pro část výrobní linky*. Brno, 2021, 91 s. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134527>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.

## Prohlášení autora o původnosti díla

<b>Jméno a příjmení studenta:</b>	Bc. Lukáš Horák
<b>VUT ID studenta:</b>	195 314
<b>Typ práce:</b>	Diplomová práce
<b>Akademický rok:</b>	2020/21
<b>Téma závěrečné práce:</b>	Použití standardu ISA 95 pro část výrobní linky

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 17. května 2021

-----  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radku Štohlovi Ph.D., za vstřícné jednání, odborné vedení, podnětné rady a připomínky k mé práci. Také bych chtěl poděkovat své rodině a všem kamarádům za trpělivost a podporu.

V Brně dne: 17. května 2021

-----  
podpis autora

# Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	9
SEZNAM TABULEK.....	11
ÚVOD .....	12
<b>1. STANDARD ISA-95.....</b>	<b>14</b>
1.1 CÍLE ISA-95 .....	14
1.2 MODELY ISA-95 .....	15
1.2.1 Model hierarchie zařízení .....	16
1.2.2 Model hierarchie funkcí v řídicím systému .....	17
1.2.3 Model funkcí a toků dat mezi nimi .....	18
1.2.4 Model činností MOM .....	21
1.2.5 Model výměny informací a jeho kategorie .....	22
<b>2. SOFTWARE.....</b>	<b>23</b>
2.1 STUDIO 5000.....	23
2.2 FACTORYTALK SERVICES PLATFORM A FACTORYTALK SOFTWARE.....	24
2.3 FACTORYTALK HISTORIAN .....	24
2.4 FACTORYTALK METRICS .....	25
2.5 FACTORYTALK TRANSACTION MANAGER .....	26
2.6 FACTORYTALK BATCH.....	26
2.7 FACTORYTALK VANTAGEPOINT .....	27
<b>3. ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>28</b>
3.1 LIS.....	28
3.1.1 Konstrukce lisu.....	28
3.1.2 Elektrická část.....	29
3.1.3 Pneumatická část .....	30
3.1.4 Konfigurace PLC a Safety PLC .....	32
3.1.5 Programové vybavení .....	33
3.2 BARMAN .....	35
3.2.1 Mechanická konstrukce.....	35
3.2.2 Dopravník .....	36
3.2.3 Zásobník na skleničky .....	36
3.2.4 PLC a komunikace .....	37
3.2.5 Programové vybavení .....	38
<b>4. REALIZACE VÝROBNÍ LINKY .....</b>	<b>40</b>
4.1 FYZICKÁ PŘÍPRAVA .....	40
4.1.1 Lis .....	40
4.1.2 Barman.....	42
4.1.3 Pneumatický obvod .....	43
4.1.4 Komunikace .....	43
4.2 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ LINKY .....	45
4.3 USPOŘÁDÁNÍ STROJŮ .....	46

<b>5.</b>	<b>APLIKACE KOMPONENTŮ MODELU.....</b>	<b>48</b>
5.1	BATCH CONTROL.....	48
5.1.1	<i>Standard S88.....</i>	48
5.1.2	<i>Fyzický model.....</i>	49
5.1.3	<i>Procesní model.....</i>	50
5.1.4	<i>Procedurální model .....</i>	50
5.2	NÁVRH DÁVKOVÉHO ŘÍZENÍ.....	51
5.2.1	<i>Fyzický model.....</i>	51
5.2.2	<i>Procedurální model .....</i>	52
5.3	ZDROJOVÉ KÓDY .....	53
5.3.1	<i>Stávající zdrojové kódy .....</i>	53
5.3.2	<i>Stavový automat testovacího kódu .....</i>	54
5.3.3	<i>Testovací kód .....</i>	55
5.4	REALIZACE DÁVKOVÉHO ŘÍZENÍ .....	56
5.4.1	<i>FactoryTalk Batch Equipment Editor .....</i>	56
5.4.2	<i>FactoryTalk Batch Recipe.....</i>	59
5.4.3	<i>FactoryTalk Batch View.....</i>	63
<b>6.</b>	<b>IMPLEMENTACE STANDARDU ISA-95.....</b>	<b>65</b>
6.1	NÁVRH MODELU HIERARCHIE ZAŘÍZENÍ .....	65
6.2	FACTORYTALK HISTORIAN SE.....	66
6.2.1	<i>Vytvoření aplikace a konfigurace serveru.....</i>	66
6.2.2	<i>Konfigurace tagů .....</i>	67
6.2.3	<i>PI System Management Tools .....</i>	68
6.3	FACTORYTALK METRICS .....	69
6.3.1	<i>Konfigurace tagů .....</i>	69
6.3.2	<i>Configuration Console.....</i>	70
6.4	FACTORYTALK VANTAGEPOINT .....	73
6.4.1	<i>Factory Talk VantagePoint Manager .....</i>	73
6.4.2	<i>Aplikace VantagePoint Trend .....</i>	77
6.4.3	<i>Aplikace VantagePoint Mobile .....</i>	78
<b>7.</b>	<b>OVĚŘENÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>79</b>
7.1	POSTUP OBSLUHOVÁNÍ LINKY .....	79
7.2	TESTOVACÍ VÝROBA NA LINCE .....	79
7.2.1	<i>Příprava .....</i>	79
7.2.2	<i>Výroba.....</i>	80
7.2.3	<i>Zobrazení nasbíraných dat.....</i>	82
7.2.4	<i>Vyhodnocení.....</i>	84
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>85</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>90</b>



# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1: Hierarchický model úrovní a domén – vrstvy 3 a 4 [1].....	14
Obr. 1-2: Hierarchie modelů v ISA-95 [1].....	16
Obr. 1-3: Hierarchie zařízení [1].....	16
Obr. 1-4: Hierarchický model funkcí [3] .....	18
Obr. 1-5: Funkce – řízení podniku [1] .....	19
Obr. 1-6: Model funkcí řízení podniku s datovým tokem [1] .....	21
Obr. 1-7: Generický model činností MOM [1] .....	21
Obr. 1-8: Kategorie modelu výměny informací [1] .....	22
Obr. 2-1: Prostředí Studia 5000 .....	23
Obr. 2-2: FactoryTalk Software [10] .....	24
Obr. 2-3: Architektura systému Historian [12] .....	25
Obr. 2-4: Ukázka návrhu zobrazení dat získaných z Metrics systému [16].....	26
Obr. 2-5: Ukázka prostředí VantagePointu a vytvořené webové stránky [14].....	27
Obr. 3-1: Pohled na aktuální konstrukci lisu [6].....	29
Obr. 3-2: Původní stav elektrického zapojení + přední strana zařízení.....	30
Obr. 3-3: Pneumatické zapojení lisu [6] .....	31
Obr. 3-4: Vývojový diagram – hlavní bezpečnostní funkce lisu [6] .....	33
Obr. 3-5: Hlavní rám barmana [5] .....	35
Obr. 3-6: Dopravník s výtahem a rozmístění senzorů [2].....	36
Obr. 3-7: Zásobník na skleničky [5] .....	37
Obr. 3-8: Komunikační model barmana [2].....	37
Obr. 3-9: Fyzický model barmana [2].....	39
Obr. 3-10: Procedurální model barmana [2] .....	39
Obr. 4-1: Sestavený automat ControlLogix umístěný v lisu.....	40
Obr. 4-2: Aktuální elektrické zapojení lisu .....	41
Obr. 4-3: Připravený barman .....	42
Obr. 4-4: Nové rychlospojky do pneumatického obvodu .....	43
Obr. 4-5: Blokové zapojení jednotlivých zařízení do switchu .....	44
Obr. 4-6: Návrh uspořádání zařízení do výrobní linky .....	45
Obr. 4-7: Fyzické uspořádání strojů.....	46
Obr. 4-8: Prostor pod barmanem, vlevo redukční ventily.....	47
Obr. 5-1: Vazby mezi modely standardu S88 [20] .....	49
Obr. 5-2: Fyzický model podle standardu S88 [1] .....	49
Obr. 5-3: Procedurální model a ukázka výroby džusu [1] .....	50
Obr. 5-4: Fyzický model – pneumatického lisu .....	51
Obr. 5-5: Procedurální model – pneumatického lisu .....	52
Obr. 5-6: Stavový automat.....	54
Obr. 5-7: FT Batch Equipment Editor – tvorba modelu .....	56
Obr. 5-8: Vytvoření jednotlivých buněk – pneumatického lisu .....	57
Obr. 5-9: Nastavení jednotlivých potřebných cest.....	57
Obr. 5-10: Stavový automat pro vykonávání fáze .....	58
Obr. 5-11: Vytvoření nové úrovně receptury.....	59
Obr. 5-12: Procedura Lisování.....	60
Obr. 5-13: Propojení operace s fází .....	61
Obr. 5-14: Procedura pro vytvoření drinku a vylišování tácku.....	62
Obr. 5-15: FT Batch View a okno pro přidání nové receptury do fronty.....	63

Obr. 5-16: Okno se strukturou dávky .....	64
Obr. 6-1: Provázanost použitých softwarů a tok dat .....	65
Obr. 6-2: Model hierarchie zařízení.....	65
Obr. 6-3: Prostředí FT Administration Console.....	66
Obr. 6-4: Výběr monitorovaných tagů.....	67
Obr. 6-5: Výběr tagů k zobrazení .....	68
Obr. 6-6: Datový archiv jednotlivých tagů .....	69
Obr. 6-7: Prostředí FT Transaction Manageru a vytvoření nové konfigurace .....	69
Obr. 6-8: Všechny tagy zvolené v FT Transaction Manageru .....	70
Obr. 6-9: Prostředí programu Configuration Console.....	70
Obr. 6-10: Konfigurační kroky reportu.....	71
Obr. 6-11: Konfigurace výkonnostních parametrů .....	72
Obr. 6-12: Výrobní efektivita linky .....	72
Obr. 6-13: VantagePoint Manager – vytvoření nového objektu Pneu_lis .....	73
Obr. 6-14: Vytvořená hierarchie podniku .....	74
Obr. 6-15: Pracoviště Lis .....	75
Obr. 6-16: Pracoviště Kontrola.....	75
Obr. 6-17: Pracoviště Sklad.....	76
Obr. 6-18: Zařízení Pneumatický lis.....	76
Obr. 6-19: VantagePoint Trend.....	77
Obr. 6-20: Dashboard – přehled dávek .....	78
Obr. 7-1: Vytvořené dávky pro testovací výrobu.....	80
Obr. 7-2: Monitorování testovací výroby v reálném čase (live mód trendu) .....	81
Obr. 7-3: Dashboard k monitorování výroby na Pneumatickém lisu.....	82
Obr. 7-4: Veškeré vytvořené reporty z testovací výroby .....	82
Obr. 7-5: Ukázka trendu datového bodu – Doba výroby drinku.....	83
Obr. 7-6: Průběh síťového spojení se SmartGuard 600 .....	83

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1: Symboly využívající se v modelu toku dat [4] .....	18
Tab. 4-1: Přidělené IP adresy jednotlivým zařízením .....	44

# ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá prostudováním a popsáním standardu ISA-95. Dále také popsáním konstrukce jednotlivých zařízení potřebných pro tuto diplomovou práci a tím je pneumatický lis podtácků a automatizovaný panákovač tzv. barman. Dalším úkolem je navrhnout propojení a fyzické uspořádání obou zařízení a vytvořit z nich výrobní linku. Následovat bude vytvoření aplikace pro pneumatický lis, která umožní aplikování dávkového řízení tzv. batch control. Dále pak navrhnout a implementovat standard ISA-95 pro výrobní linku. V závěru je uvedeno ověření všech částí práce a jejich zhodnocení.

Základem je tedy porozumět a popsat normu ISA-95 a tu dále využít na zbytek práce. V ní je v první části tahle norma popsána a vysvětlena. Tahle norma byla vyvinuta Mezinárodní společností pro automatizaci na vývoj automatizovaného rozhraní mezi podnikem a řídicími systémy. Poskytuje možnosti, které jsou základem komunikace dodavatelů a výrobců. Standard ISA-95 má mnoho různých modelů, které pomáhají definovat hranice mezi podnikovými a řídicími systémy. Veškeré modely jsou popsány v příslušné kapitole.

Další část práce se zabývá výběrem softwarů, které byly zvoleny pro aplikování standardu ISA-95. Jedná se o programy platformy FactoryTalk od firmy Rockwell Automation. V kapitole je u každého softwaru stručně popsána jeho funkčnost a využití. Dále je zde popsán software Studio 5000, ve kterém jsou tvořeny jednotlivé projekty obsahující příslušné řídicí programy obou strojů linky.

Před samostatným vylepšením programového vybavení a implementací standardu bylo potřeba prostudovat dosavadní konstrukci a programové vybavení přidělených zařízení, a to pneumatického lisu podtácků a automatizovaného barmana. K práci bylo potřeba se se zařízeními fyzicky seznámit a stručně je popsat, to je provedeno ve třetí kapitole této práce.

Čtvrtá kapitola se věnuje realizaci výrobní linky. První část popisuje fyzické práce a úpravy na jednotlivých zařízeních, které byly potřeba provést pro správné fungování všech jednotlivých částí. V kapitole je také popsáno síťové propojení všech dílčích jednotek a jejich konfigurace. Dále kapitola obsahuje popis návrhu linky a následné fyzické uspořádání strojů.

V páté kapitole je stručně popsáno dávkové řízení včetně standardu ISA-88. Následuje návrh dávkového řízení pro zařízení pneumatický lis včetně potřebných modelů. Další část kapitoly obsahuje část popisující stávající programové vybavení stroje a jeho potřebné úpravy. Dále bylo potřeba navrhnout a vytvořit program, který umožní následné aplikování dávkového řízení. Druhá polovina kapitoly se věnuje samotné realizaci. Tato část převážně popisuje použití vybraných softwarů a jejich podrobnou konfiguraci.

Kapitola šest se zabývá implementací standardu ISA-95 na vytvořenou výrobní linku. V první části je popsán návrh modelu hierarchie zařízení, který tvoří základ pro použití prvků standardu. Následuje popis veškerých softwarů a jejich součástí, které byly pro aplikování standardu vybrány a použity. Jsou zde popsána jednotlivá softwarová prostředí a jejich možné konfigurace pro zajištění správného fungování sběru a vyhodnocení výrobních dat. Podrobněji je zde také zobrazeno vytvoření hierarchického modelu v programu VantagePoint. Závěr kapitoly se věnuje jednotlivým aplikacím tohoto programu. Je zde popsáno vytváření grafického zobrazení nasbíraných a analyzovaných dat pomocí trendů s časovou osou. Pro zobrazení dat pomocí grafů, barů nebo indikátorů byla využita také možnost vytvoření specifických dashboardů.

Poslední část práce se zabývá ověřením funkčnosti navrženého a implementovaného řešení standardů ISA-88 a ISA-95. Pro správné spuštění a ovládání celé výrobní linky včetně všech potřebných programů je potřeba korektně postupovat, proto byl sepsán stručný návod pro obsluhu. Následuje popis vytvoření testovací výroby včetně fyzické přípravy strojů, dále pak provedení připravené výroby včetně využití připravených monitorovacích dashboardů. Dále je zde popsáno vyhodnocení dat a jejich grafické zobrazení pomocí trendů. Na závěr kapitoly je vyhodnoceno implementované řešení.

# 1. STANDARD ISA-95

Standard ISA-95 je standard od Mezinárodní společnosti pro automatizaci vytvořený na vývoj automatizovaného rozhraní mezi podnikem a řídicími systémy. Návrh tohoto standardu byl zamýšlen a směřován na světové průmyslové výrobce. Těchto myšlenek při vyvinutí normy bylo dodrženo. Důvody vzniku byly zejména: nestejnorodost, jednoúčelovost, nedostatečná flexibilita, obtížná komunikace v rámci výroby i v rámci podniku. Hlavním cílem standardu je snížit náklady, rizika a chyby spojené s implementací. Jak již bylo řečeno, jeho základní funkcí je propojení podnikového řízení a plánování s úrovní řízení výrobních operací. Tyhle systémy jsou známy pod názvy MES a ERP. Zabezpečují hned několik hlavních aktivit jako např. správa výrobních zdrojů, detailní plánování výroby, řízení výroby, sběr dat, finance, personalistika, logistika apod. [1]

Dále standard definuje společnou sadu termínů, definic, informací a činností souvisejících s integrací podnikových a výrobních systémů. Definuje činnosti obchodních logistických systémů, výrobních řídicích a koordinačních systémů, zjednodušuje integraci nezávislou na prodeji. [4]

## 1.1 Cíle ISA-95

Jedním z největších problémů, které se řeší v rámci podniků, je integrace řízení výrobních systémů a zbytku podniku. To se netýká přímo používaných technologií, ale spíše lidí a organizačních problémů. Pohledy inženýrů výrobních informačních systémů MES a pohledy lidí, kteří vyvíjejí podnikové systémy ERP, jsou často zcela opačné a odlišné. Bylo tedy nutné začít tyto odlišnosti nějak řešit a definovat společnou sadu termínů a činností souvisejících s již zmíněnou integrací. Převážně se jednalo o jednodušší a účinnější integraci vrstev 3 a 4, které lze vidět na následujícím obrázku. [1]



Obr. 1-1: Hierarchický model úrovní a domén – vrstvy 3 a 4 [1]

Základním cílem je tedy integrace podnikové domény a řídicí domény. Stručně lze cíl standardu ISA-95 nastínit pomocí slovních spojení vystihujících následující body, jako např.: „snížit náklady, omezit rizika, potlačit chyby, eliminovat nežádoucí stavy“ spojené s implementací rozhraní mezi podnikem a řídicím systémem. Standard lze použít tak, aby řízení na úrovni výroby (dílň) a na úrovni podniků interaktivně spolupracovalo a snadno se integrovalo. K tomu byly vytvořeny dva hlavní prostředky: terminologie a modely. [1], [4]

Cíle standardu lze podrobněji shrnout takto: [1], [4]

1. Standard poskytuje řešení již zmíněné situace s integrací systémů tím, že definuje společnou sadu termínů, definic informací a činností souvisejících s integrací podnikových a výrobních systémů. Tyto termíny zahrnují definice činnosti obchodních logistických systémů, činnosti výrobních řídicích systémů, snižují nároky zákaznických integračních řešení, dále zlepšují opakovatelnost, použitelnost a přenositelnost všech funkcí v rámci celé organizace, zejména dosažení snadnější integrace mezi vrstvami 3 a 4, resp. mezi doménami řízení a podniku, jak bylo ukázáno na Obr. 1-1.

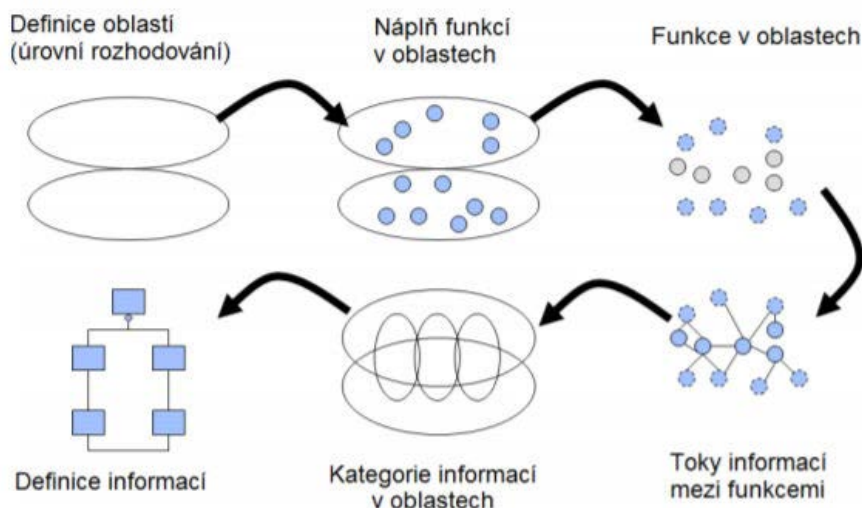
2. ISA-95 stanovuje a upevňuje jeden z hlavních prostředků standardu a tím je zmíněná terminologie, kterou váže na jeho modely, které budou popsány později. Tyhle modely ujasňují vztahy mezi různými termíny. Žádné výrobní podniky nejsou shodné, a přesto lze použít modely ISA-95 a terminologii pro diskusi s ostatními lidmi, např. o funkcích společnosti, aktivitách, řízení, správě, informačních tocích apod.

3. Standard také obsahuje prostředky, jež standardizují informace, které mají být vyměňovány mezi vrstvami, což nyní vede výrobce softwarů ERP a MES k potřebě nabízet rozhraní podle definice ISA-95 namísto tradiční definice rozhraní dodavatelsky orientovaného. Díky tomu je v dnešní době o mnoho jednodušší, a to nejen na úrovni lidské komunikace, ale také na technické úrovni, integrovat systémy různých výrobců.

4. Dalším cílem standardu je snížení nákladů na výrobu a provoz, omezení a potlačení rizik a chyb spojených s implementací rozhraní mezi podnikem a řídicím systémem. Také se dá využít např. pro zjednodušení zavádění nových softwarových produktů, a nakonec samozřejmě k tomu, aby řízení na úrovni podniku a na úrovni výroby (dílň) interaktivně spolupracovalo a snadno se integrovalo (hlavní důvod).

## 1.2 Modely ISA-95

K úspěšnému řešení problému integrace systémů podnikového řízení se vyžaduje identifikace hranice mezi podnikem a výrobou. Tato hranice se dá detekovat pomocí příslušných modelů. Jednotlivé modely lze seskládat do tzv. mapy. S každým „vyšším“ modelem lze v mapě získat mnohem více podrobností a vyšší úroveň členění než v předchozím modelu. Mezi čtyři základní typy modelů patří: model hierarchie zařízení, hierarchický model úrovní a domén řízení, model funkcí a toků dat mezi nimi a objektový model. [4]

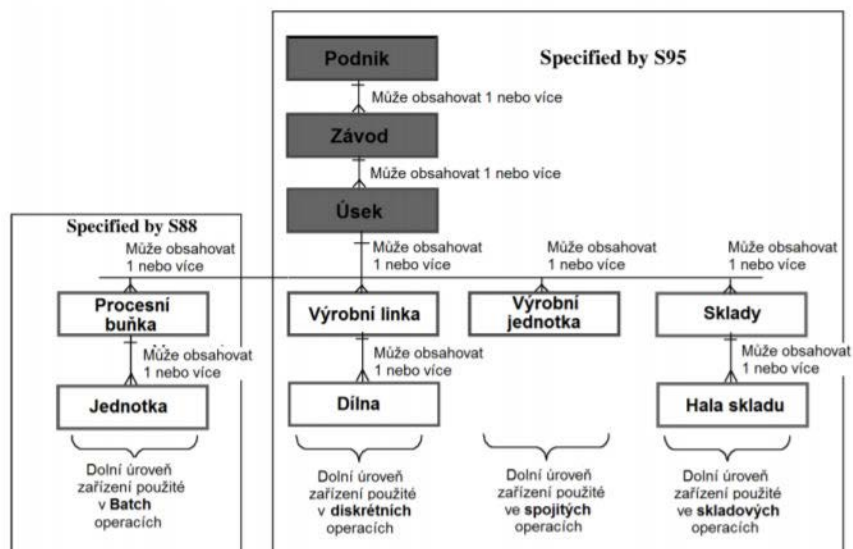


Obr. 1-2: Hierarchie modelů v ISA-95 [1]

### 1.2.1 Model hierarchie zařízení

Tenhle model objasňuje to, že fyzická zařízení podniku zapojená do výroby jsou obvykle organizována v hierarchické formě. Základní model byl vytvořen již ve standardu ISA-88, model v ISA-95 pouze rozšiřuje jeho působení pro diskrétní a spojitou výrobu. Dále definuje objekty, které jsou využívány především pro předávání informací mezi jednotlivými funkcemi. [1]

Na Obr. 1-3 lze vidět model, který začíná podnikem (název firmy), ten se člení na jednotlivé závody (místa výroby), závod pak má více úseků (převážně primární a sekundární). Ty se pak člení dle typu výroby na výrobní linky, jednotky nebo sklady. Jedná se o dolní úroveň modelu a může obsahovat jednu nebo více dílčích částí (ať už v diskrétní, spojitě nebo skladovací operaci).



Obr. 1-3: Hierarchie zařízení [1]



### 1.2.2 Model hierarchie funkcí v řídicím systému

Model funkcí má tři základní úrovně: podnikové plánování a logistika, řízení výrobních operací a výrobní procesy. Ve standardu je definována komunikace mezi úrovní 3 a 4. Těmto úrovním odpovídají výrobní a podnikové informační systémy. Nižší úrovně tj. 0, 1 a 2 nejsou v S95 zahrnuty a zpracovány. [2]

- Úroveň 0

Definuje aktuální fyzický proces.

- Úroveň 1

Definuje aktivity spojené s manipulací a snímáním fyzických procesů.

- Úroveň 2

Definuje činnost pro řízení a sledování fyzických procesů.

- Úroveň 3 (doména řízení)

Definuje činnosti pracovního toku potřebného k výrobě požadovaného výrobku. Do téhle úrovně spadají aktivity příslušející optimálnímu řízení procesu a vedení záznamů souvisejících s výrobou. Funkce úrovně jsou alokace a řízení zdrojů, dispečerské řízení výroby, řízení kvality, analýza výkonnosti, řízení dokumentace, řízení údržby. Časové úseky úrovně jsou směny, dny, hodiny, minuty a sekundy. [2]

Mezi nejznámější aktivity úrovně 3 lze zařadit např.: [4]

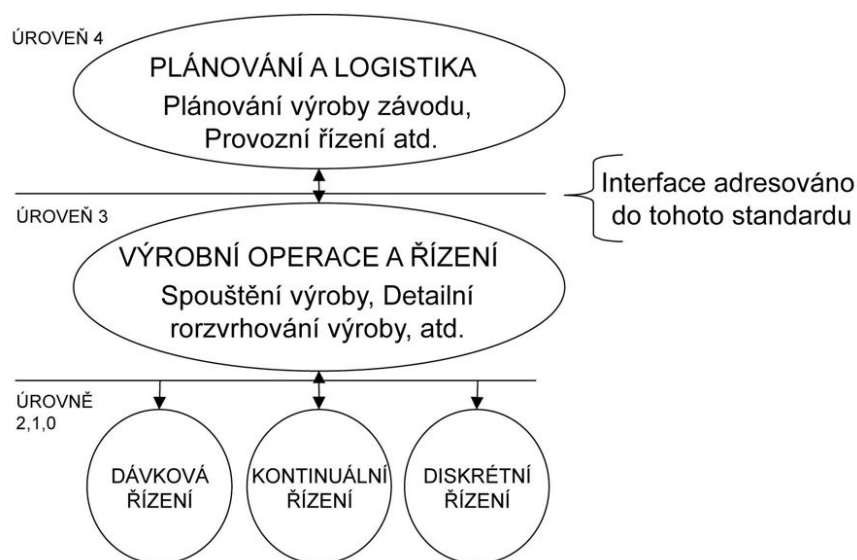
1. Reporty z oblasti výroby a výrobních nákladů
2. Sběr dat o výrobě, majetku, lidských silách
3. Provádění sběru dat a off-line analýz
4. Určení bezprostředních detailních rozvrhů pro vlastní oblast výroby vč. údržby
5. Modifikace rozvrhu výroby na kompenzování přerušení výroby závodu

- Úroveň 4 (doména podniku)

Definuje nejvyšší úroveň hierarchického modelu zařízení – podnik, koreluje k hodně používané zkratce ERP. Určuje podnikatelskou činnost související s řízením a organizací výrobního podniku. Mezi nejznámější činnosti s plánováním výroby patří: použití materiálu, logistika, vytváření skladovacích zásob, včasné dodávky zásob na místo určení. Probíhají zde časové procesy úrovně, a to v řádech roků, měsíců, týdnů a dnů. [2]

Mezi nejznámější aktivity úrovně 4 lze zařadit např.: [4]

1. Zajišťování nákupu surovin, náhradních dílů a inventáře
2. Zajišťování energií, médií a dat pro jejich nákup
3. Zajišťování všeho zboží v procesu výroby celků
4. Sběr informací nutných pro preventivní a prediktivní plánování údržby
5. Sběr dat o lidských zdrojích pro přenos do personálního a účetního systému
6. Stanovení základního plánu výroby
7. Vytvoření optimálního plánu preventivní údržby a renovace zařízení



Obr. 1-4: Hierarchický model funkcí [3]

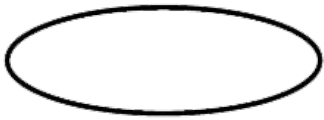



### 1.2.3 Model funkcí a toků dat mezi nimi

Tento model se dá rozdělit na dvě hlavní skupiny:

- Funkce podniku – zabývají se výrobou
- Informační tok mezi funkcemi – procházející skrze podnikové řízení

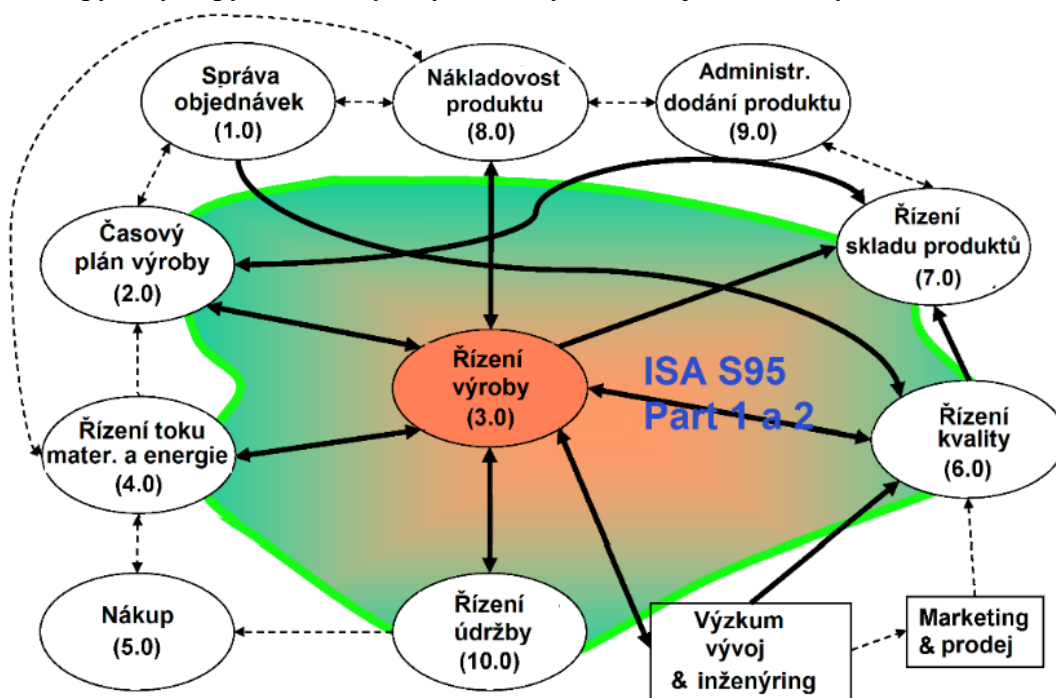
Rozhraní Enterprise-Control je popsáno pomocí modelu toku dat, tento model je definován pomocí metodiky Yourdon-Demarco. [4]

Tab. 1-1: Symboly využívající se v modelu toku dat [4]

Symbol	Definice symbolu
	Symbol elipsy – představuje skupinu úkolů. Tyhle funkce se skládají hierarchicky a jsou identifikovány jménem a číslem (představuje úroveň).
	Symbol obdélníku – externí entita. Představuje vstupy/výstupy do/z modelu.
	Symbol šipky s plnou čarou – představuje seskupení dat, ty tečou ve směru šipky do následující funkce.
	Symbol šipky s přerušovanou čarou – představuje také seskupení dat, ale to proudí mezi funkcemi, datovými uložišti nebo externími entitami, které nejsou relevantní pro model.

Na obrázku 1-5 lze vidět náčrtek modelu funkcí řízení podniku. Zelená tučná čára kolem modelu představuje hranici rozhraní „podnik – řízení“. Strana rozhraní, na které je řízení výroby MES, zahrnuje většinu funkcí řízení a některých činností v ostatních hlavních funkcích. Čáry s šipkami ukazují informační toky důležité pro řízení výroby. [1]

Model se skládá z 10 funkcí (elipsy), dále z dalších 2 (obdélníky), ty ale představují spíš vstupy a výstupy z řízení výroby a kvality. Funkce jsou značeny 1.0 až 10.0. [1]



Obr. 1-5: Funkce – řízení podniku [1]

Jednotlivé funkce modelu viz Obrázek 1-5: [2], [1]

#### 1. Správa objednávek

V této funkci se zpracovávají objednávky od zákazníků, jejich prognózy, slevy, sledování marže a také následný převod objednávky na výrobní zakázku.

#### 2. Časový plán výroby

Díky této funkci se určuje výrobní program. Na základě toho se identifikují dlouhodobé požadavky na suroviny do výroby a stanovuje se expediční harmonogram pro konečné produkty. Hlavní části, které funkce plánování výroby zahrnuje: výrobní program, srovnání skutečné výroby s plánovanou výrobou, výrobní kapacity, dostupnost zdrojů a aktuální stav objednávky.

#### 3. Řízení výroby

Nejvýznamnější část modelu, která zahrnuje většinu funkcí spojených s řízením výroby. Mezi základní funkce patří: řízení přeměny materiálu na konečný produkt, aktualizace plánů procesu, provádění inženýrských činností závodu, vydávání požadavků na materiál, vytváření receptur a diagnostika zařízení. Tvorba zpráv o výkonu, nákladech a pokynech výroby.

#### 4. Řízení toku materiálu a energie

Mezi nejznámější funkce řízení materiálů a energie patří např.: správa zásob, převodů a kvality materiálu, generování požadavků na nákup materiálů a energie, výpočet bilance zásob, příjem dodávek materiálu a test kvality, oznámení o nákupu a příjmu dodávek.

#### 5. Nákup

Navazující funkce, která spravuje nákup a vyřizování objednávek surovin, zásob, náhradních dílů, náradí a potřebného materiálu. Následně monitoruje průběh objednávek a tvoří z nich zprávy, které podává žadatelům.

#### 6. Řízení kvality

Funkce založená převážně na testování a klasifikaci materiálů, které se používají ve výrobě. Dále také stanovuje standardy pro kvalitu použitého materiálu. Shromažďuje data o kvalitě materiálu a uvolňuje ho pro další zpracování nebo finální dodávku určitého bloku výroby. Výstupem této funkce se potvrzuje, že byl výrobek vyroben v souladu se standardem. Taktéž předává zjištěné odchylky kvality materiálu procesním inženýrům pro přehodnocení a možné následné úpravy postupů výroby.

#### 7. Řízení skladu produktů

Funkce slouží pro správu a skladování dokončených výrobků, vytváří seznam zásob a jejich počty. Na základě informací vykazuje zprávy o stavu, zůstatcích a ztrátách. Zajišťuje fyzické nakládání se zbožím v koordinaci s funkcí administrace dodání produktu.

#### 8. Nákladovost produktu

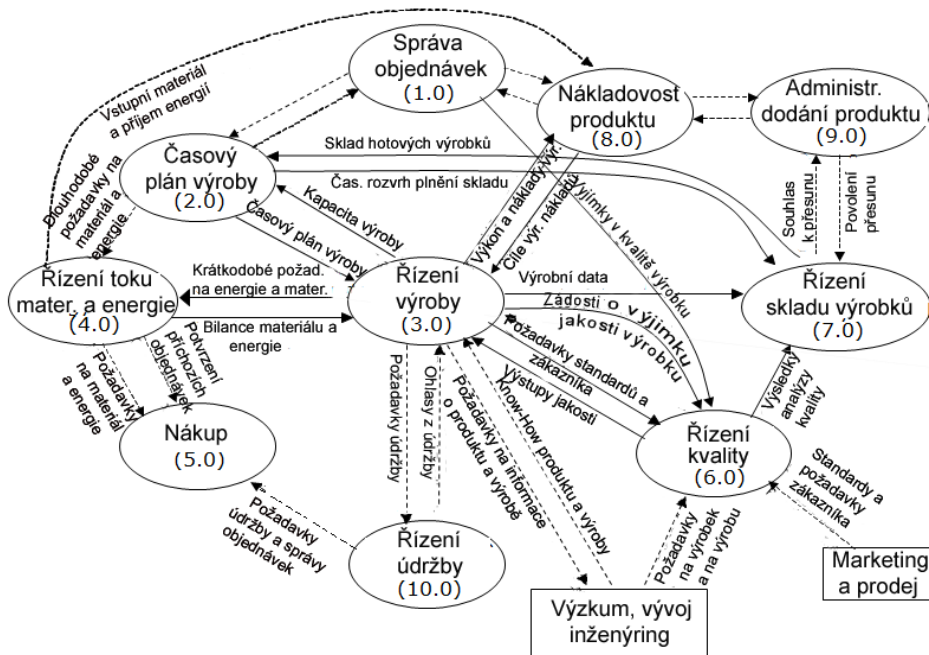
Zajišťuje a vykonává kalkulaci nákladů na výrobek, z těchto kalkulací následně poskytuje výsledky nákladů na výrobu a nastavuje nákladové cíle pro výroby.

#### 9. Administrace dodání produktu

Hlavním úkolem této funkce je organizovat dopravu pro přepravu produktu v souladu s požadavky objednávek, zadávání objednávek přepravním společnostem a zajištění vyzvednutí nákladu. Taktéž sem spadá řešení potřebných dokumentů k přepravě (celní odbavení apod.)

#### 10. Řízení údržby

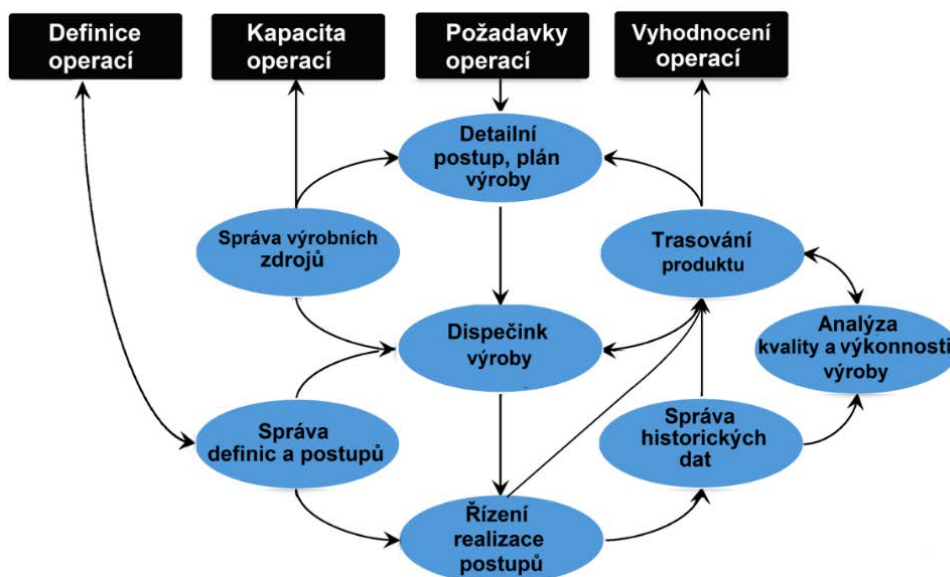
Zajištění údržby stávajících zařízení, monitorování zařízení a předvídání selhání strojů, vypracování zpráv o nákladech na údržbu, zadávání požadavků na nákup náhradních dílů apod.



Obr. 1-6: Model funkcí řízení podniku s datovým tokem [1]

#### 1.2.4 Model činností MOM

Generický model rozšiřuje jednotlivé modely z oblasti řízení. Pro čtyři základní skupiny (výroba, sklad, kvalita a údržba) je vyvinut jeden společný generický model. Slouží pro popis jednotlivých činností v oblastech popsaných výše. [2] Tahle čtyři základní oddělení jsou v každém výrobním podniku, proto ISA-95 popisuje a poskytuje další, nový model – MOM, který je zaměřen na tyto čtyři skupiny oddělení v podniku, které lze popsat právě tímto modelem. [1] Struktura jednotlivých funkcí na obrázku 1-7 má unikátní složení a lze ji aplikovat na všechny čtyři hlavní skupiny.



Obr. 1-7: Generický model činností MOM [1]

### 1.2.5 Model výměny informací a jeho kategorie

Na obrázku 1-6 lze napočítat až 29 informačních toků, mluvíme hlavně o tocích mezi řízením procesu a podnikem, tedy mezi jednotlivými doménami. ISA-95 sdružuje všechny tyto informační toky do 4 základních kategorií modelu (obr. 1-8). [1]

Modely zdrojů na vybavení, personál, materiál apod. tvoří základní stavební kameny pro každou zmíněnou kategorii, a proto je můžeme vyjmout a uvádět jako přidruženou kategorii. [4] Výše zmíněné kategorie jsou tedy:

- Informace o výrobku

Jak vyrobit, podle jakých pravidel a z jakého materiálu. Je to souhrn informací, který popisuje, jak vytvořit produkt. [4]

- Schopnost, kapacita, potenciál

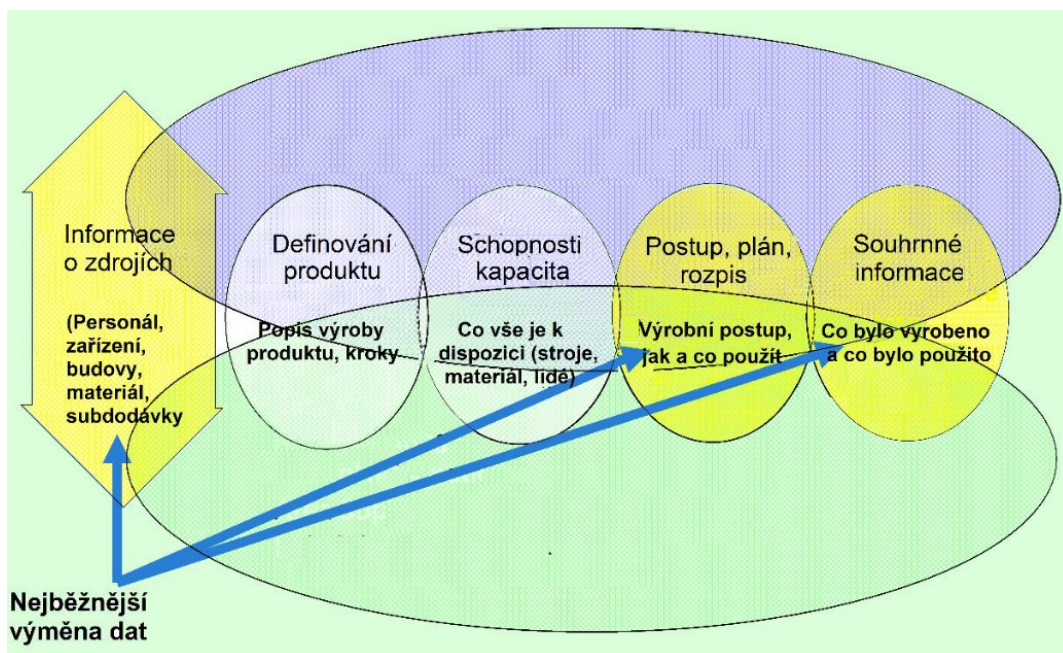
Popisuje, co je k dispozici pro výrobu, jaká je dostupnost potřebných věcí, jaká je výkonnost výrobních zdrojů – stroje, nářadí, obsluha apod. [1]

- Postup, plán, harmonogram

Jaké jsou požadavky na výrobu, na zdroje informací, které popisují, jak vytvořit produkt, jako jsou receptury, kusovníky a montážní návody. Výroba je určena časovými požadavky – tedy kdy, co a kolik – souhrnně „**Plánování výroby**“. [4]

- Reakce, odezvy (zpětná vazba)

Řízení výroby potřebuje zpětnou vazbu, podle které se pak postupy a řízení upravují. Spadá sem např. produktivita, spotřeba a zůstatek materiálu, dále také souhrnné informace o aktuálním stavu zdrojů, konečná data z výroby, informace o počtu vyrobených kusů apod. – tato skupina se nazývá „**Informace o výrobě**“. [1]



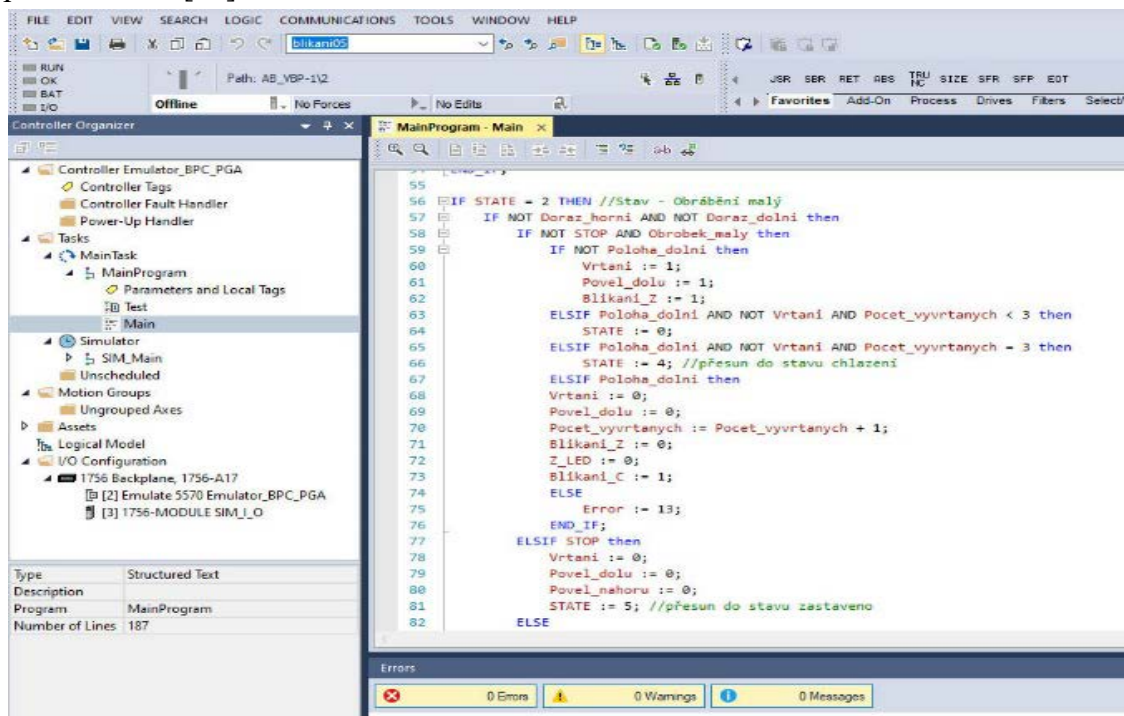
Obr. 1-8: Kategorie modelu výměny informací [1]



## 2. SOFTWARE

### 2.1 Studio 5000

Jedná se o vývojový nástroj pro tvorbu aplikačních programů řídicích systémů od firmy Allen-Bradley. Tento vývojový produkt je vysoce kvalitní a pokročilý nástroj, udává směr a standard na trhu vývojových softwarů pro řídicí systémy. Dalo by se říci, že tento software je vlastně základ veškerých řídicích aplikací, které lze pomocí softwarů od firmy Rockwell Automation vytvářet. Tvoření jednotlivých programů je v tomto prostředí možno provádět pomocí jazyků ladder diagram, function block diagram, sequential function chart anebo structured text. Velice důmyslně propracované ovládání editoru zrychluje vývoj, tvorbu a zápis aplikačního programu. Vytvořené programy lze jednoduše doladit pomocí softwaru RSLogix Emulate, pomocí kterého můžeme simulovat vstupně výstupní hodnoty fyzických pinů, a tím si právě ověřit správné fungování námi navrženého a vytvořeného programu. Studio 5000 dále nabízí funkce, které umožňují např. použití křížových odkazů na jednotlivé proměnné, automatické nabídky symbolů a míst v paměti, dále také automatické zobrazování obsazené paměti, grafické porovnání dvou aplikačních programů apod. Také je zde možnost tvořit subroutine a add-on instrukce, k těmto možnostem se v softwaru nachází velká nástrojová paleta, která slouží k tomu, abychom tyhle podprogramy co nejefektivněji vytvořili a přizpůsobili našim požadavkům. [17]

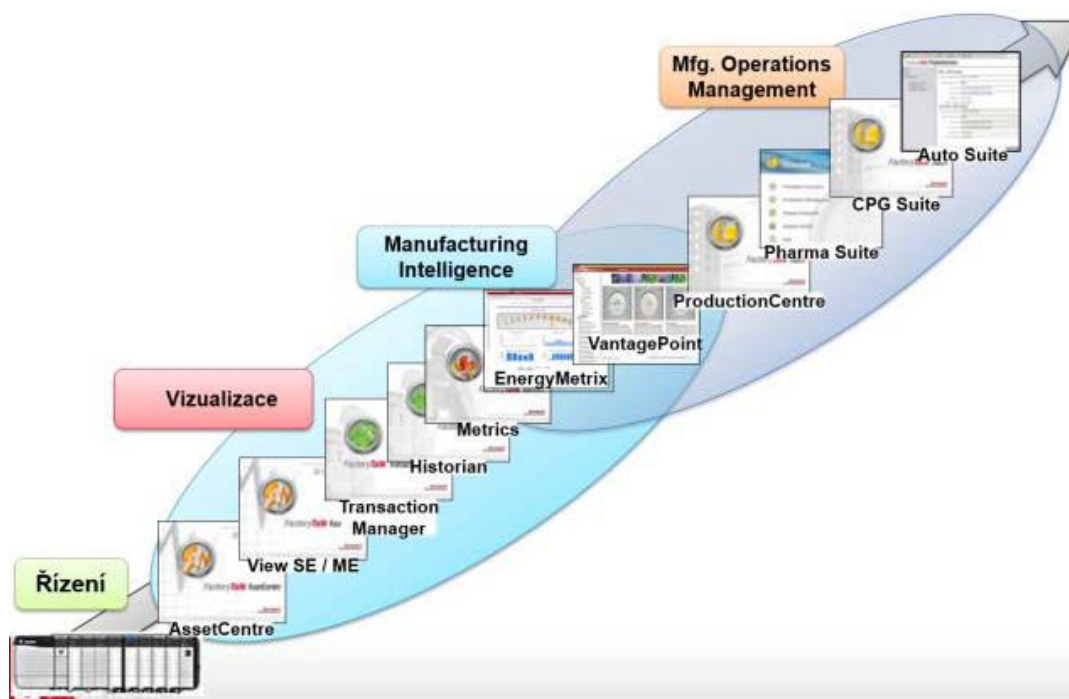


Obr. 2-1: Prostředí Studia 5000

## 2.2 FactoryTalk Services Platform a FactoryTalk Software

Jedná se o softwarovou platformu od firmy Rockwell Automation. Tato platforma se skládá z jednotlivých služeb, které jsou využívány všemi software aplikacemi z rodiny FactoryTalk Software. Jednotlivé softwary slouží ke sběru, analýze a zobrazení dat, díky kterým lze zvyšovat produktivitu, kvalitu a snižovat náklady výroby. Dále platforma poskytuje datové spojení mezi klienty a servery, pro připojení zařízení od jiných výrobců využívá OPC servery. [10]

Pro účely a potřeby závěrečné práce budou použity některé softwary z této rodiny aplikací. Tyhle nástroje budou díky možnostem, které nabízejí, využity pro implementaci standardu ISA-95 na vytvořenou výrobní linku.



Obr. 2-2: FactoryTalk Software [10]

Na obrázku 2-2 lze vidět jednotlivé aplikace z celé rodiny FactoryTalk Software. Dole je naznačeno samotné řízení určitého procesu a schématické zobrazení naznačuje, jak se data předávají dále do nadřazených aplikací. V mé práci budou využity pouze vybrané softwary z této rodiny a to: ze skupiny Manufacturing Intelligence – nástroje Transaction Manager, Historian, Metrics a VantagePoint. Následně bude každý nástroj popsán více podrobněji. V popisu bude zahrnuto, k čemu se nejčastěji využívá, co poskytuje apod. Jak byly nástroje použity v této práci, je popsáno v šesté kapitole.

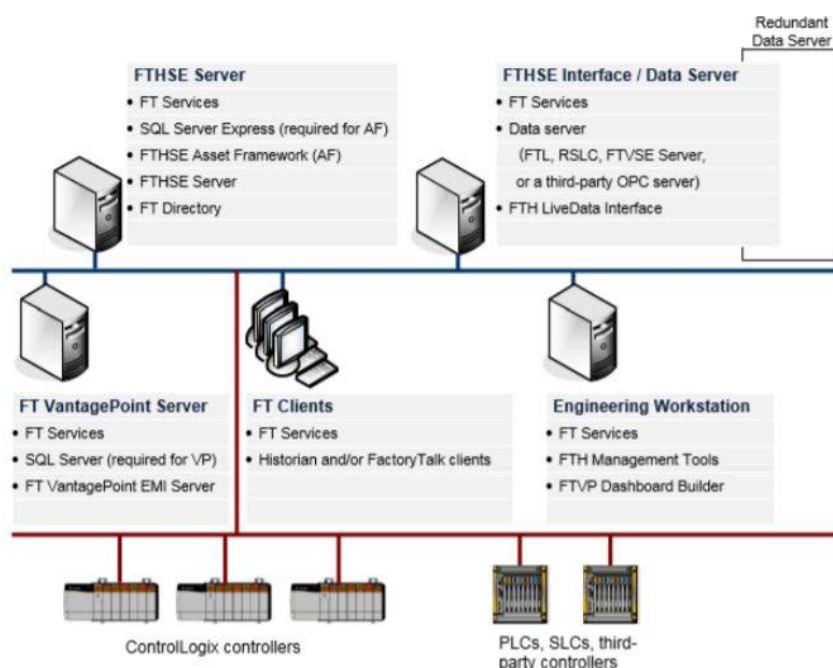
## 2.3 FactoryTalk Historian

FactoryTalk Historian je software, který se používá pro sběr časově seřazených dat z řídicích systémů a poskytuje přehled o výrobních procesech v rámci podniku v reálném



čase. Data jsou po sběru ze všech potřebných míst v podniku seskupena v databázi a následně jsou základem pro různé výpočty, odhady, analýzy, reporty, grafy apod. Po provedení analýzy dat je možné např. zjistit a nalézt zdroje neefektivní výroby a jejich řešením výrobu zlepšovat. Sběrové časové úseky mohou být relativně dlouhé, to nám pak umožňuje např. dělat analýzu výroby v intervalu celého roku. Historian nám umožňuje přístup k datům pomocí běžných rozhraní např. OPC, přístup do databázových systémů nebo rozhraní webových služeb. [2], [11], [12]

Struktura Historian systému je složena z jednotlivých bloků, které slouží k určitým funkcím a to např. sběr dat, archivace dat, klientský přístup k datům a jejich správu. [2] Na následujícím obrázku lze vidět základní architekturu nástroje Historian a propojení jednotlivých součástí, které jsou využívány pro práci s daty.



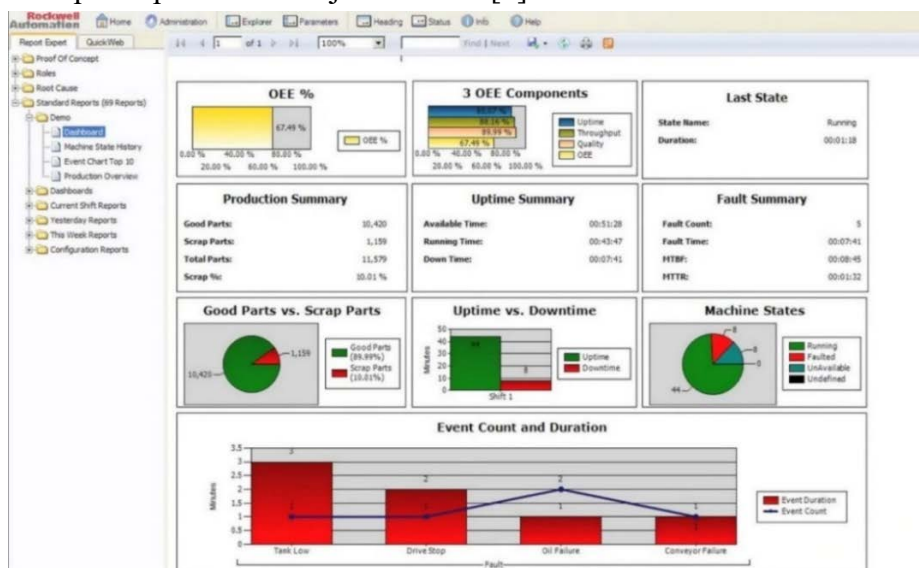
Obr. 2-3: Architektura systému Historian [12]

## 2.4 FactoryTalk Metrics

Tahle softwarová aplikace slouží k detailnímu sledování a sběru různých událostí vznikajících ve výrobě, ty slouží ke sledování využití a efektivity práce strojů, linek a výrobní obsluhy. Metrics také poskytuje nástroje pro analýzu prostojů, vzniku různých nežádoucích stavů ve výrobě a jejich příčin. Tyto informace o událostech ve výrobě a jejich příčinách umožňují uživatelům přesně identifikovat místa, které je třeba opravit, změnit nebo zlepšit. To umožňuje cílenou optimalizaci výrobních procesů a všech jejich součástí. Snižují se tak nejen náklady na samotnou výrobu, ale i náklady související s optimalizací, nastavením procesů a postupů ve výrobě. [15]

Ke klasifikaci efektivnosti výrobních prostředků používá několik metod vyhodnocovacích modelů, jako jsou OEE, MTBF a MTTR. OEE rating určuje procento

plánovaného výrobního času, který je skutečně produktivní. Dále lze tímto prostředkem identifikovat rychlost výroby produktu a množství kvalitně vyrobeného produktu. Další metodou je tzv. MTBF, ta hodnotí spolehlivost výrobního zařízení. Určuje poměr časů, kdy zařízení spolehlivě běží, a počtu poruch, které způsobují dlouhodobé zastavení stroje. Poslední metoda MTTR udává střední hodnotu potřebného času pro opravení poruchy na zařízení. Opět je to poměr času, kdy zařízení nečinně stojí kvůli poruše a celkovému počtu poruch za svoji životnost. [2]



Obr. 2-4: Ukázka návrhu zobrazení dat získaných z Metrics systému [16]

## 2.5 FactoryTalk Transaction Manager

Transaction Manager je průmyslový software, který umožňuje sdílení přihlašovacích údajů a dat mezi obchodním systémem společnosti a podnikovými aplikacemi (databáze). Usnadňuje řízení výrobních procesů propojením dat z řídicích systémů se systémy podnikového řízení a plánování. Manager má již zabudované základní interní ošetření chyb proti nechtěnému zápisu a čtení z podnikových a řídicích systémů, hlídá tak možnou ztrátu či zneužití nepřístupných dat mezi systémy. Používá se na monitorování využitelnosti systému, sledování stavu výrobků, sledování aktuálních informací z výroby apod. [2], [10]

## 2.6 FactoryTalk Batch

Tenhle nástroj je efektivní a ověřený systém pro konzistentní řízení automatických a manuálně prováděných dávkových procesů. Je taktéž velmi oblíbený díky své flexibilitě, rychlé pružné konfiguraci aplikace a opakovatelným využitím jednotlivých částí projektu (fáze, operace, procedury, receptury). Umožňuje vytvářet své receptury, které lze přesně charakterizovat komplexním popisem včetně použitých ingrediencí a jejich množstvím. Uživatelské prostředí je velmi jednoduché a přehledné, díky tomu lze

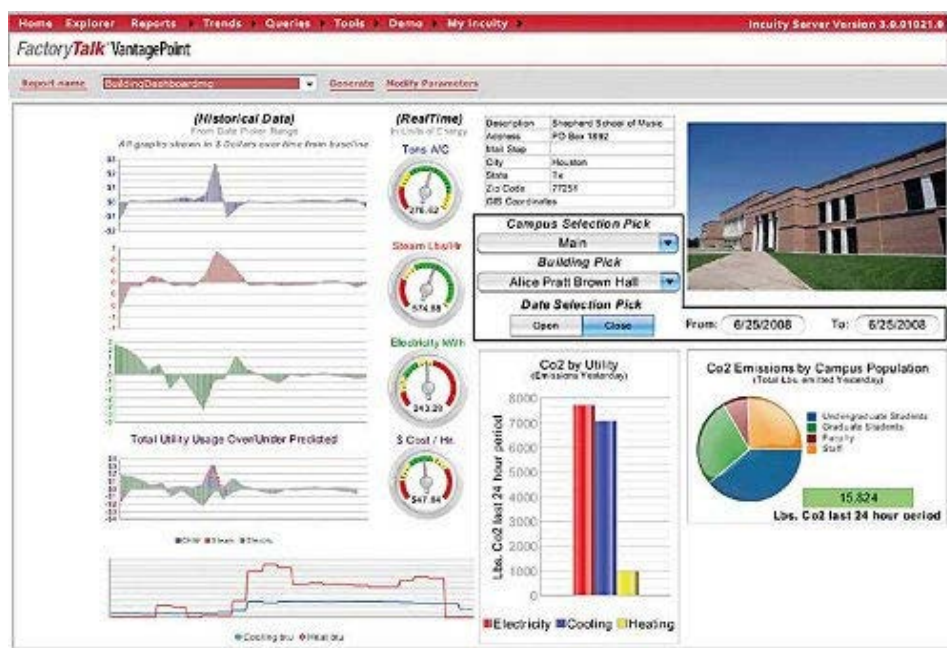
jednotlivé receptury velmi rychle tvořit, editovat a mazat. Uživatel nemusí mít žádnou znalost programování, a přesto dokáže s recepturami jednoduše pracovat. Celý FactoryTalk Batch se skládá z jednotlivých modulů, v této práci budou využity moduly: Server, Equipment Editor, Recipe Editor a BatchView. Přesné využití zmíněných modulů bylo popsáno v páté kapitole, kde je jejich použití zobrazeno i pomocí obrázků. [13]

Nejčastěji se Batch integruje s řídicími systémy AllenBradley, ControlLogix, CompactLogix prostřednictvím PhaseManageru, ten zajišťuje automatické i manuální tvoření, skládání a seskupování jednotlivých fází procesu a tím zajištění kompletního chodu programu pro výrobu jedné celé dávky. Během výroby jsou zaznamenávána veškerá data výroby, se kterými se může dále pracovat. [13]

## 2.7 FactoryTalk VantagePoint

Softwarová aplikace VantagePoint je jednou z částí systému Historian, spadá tedy do podnikové výrobní inteligence poskytující přístup k podnikovým datům. VantagePoint umožňuje data prohlížet pomocí webového prohlížeče. Z podnikových dat vytváří např. trendy, reporty, přehledové grafy a tabulky. Tyhle vytvořené reporty jsou určeny pro operátory, techniky a řídicí management podniku. Reporty totiž tvoří pevný základ pro udržení a řízení výroby, a tím pádem přispívají k efektivitě a snížení nákladů. [14]

Uživatelské používání softwaru může mít hodně různých stylů a záleží jen na podniku, jak si sledování přizpůsobí. Uživatelé si mohou vytvářet vlastní webové stránky, styl a vzhled těchto stránek si přizpůsobit tak, aby jim co nejvíce vyhovovaly a splňovaly určitou přehlednost, potřebnou pro správné zobrazení a chápání dat. Na webu si následně vytváří vlastní klíčové indikátory (grafy, trendy), které představují např. výkon výroby. [2]



Obr. 2-5: Ukázka prostředí VantagePointu a vytvořené webové stránky [14]

## 3. ZAŘÍZENÍ

### 3.1 Lis

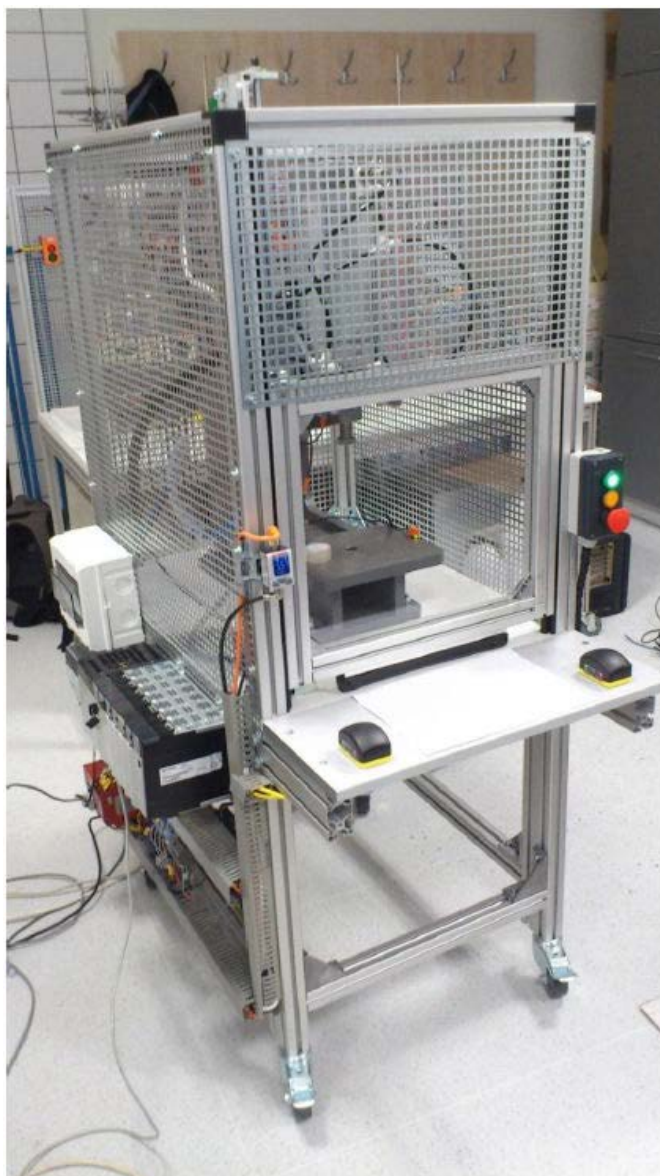
V kapitole lis je popsáno hlavní zařízení této práce a tím je právě pneumatický lis. Tohle zařízení bylo vytvořeno v rámci bakalářských prací pana Sikory [6] a pana Nešpora [9]. Na toto zařízení se stále vypisují další bakalářské a diplomové práce. Zařízení také slouží pro potřeby výuky a to např. pro demonstraci potřebných funkcionalit a úkonů, dále lze zařízení využít na propagaci školy na různých veletrzích či výstavách. Jak bude dále v této kapitole popsáno, lis je aktuálně nefunkční, a tudíž první práce na lisu byly směřovány k tomu přepracovat a vylepšit co nejvíce fyzických částí, dokud je lis v nekompletním stavu a bude jednodušší s ním manipulovat.

#### 3.1.1 Konstrukce lisu

Největší část lisu je lisovací stůl, který byl sestaven v minulé práci na toto téma. Tento stůl splňuje veškeré mechanické požadavky, tak aby lisování bylo bezpečné a materiál vydržel stanovený tlak lisování. Do stolu byly zabudovány veškeré elektronické a bezpečnostní komponenty, tak aby byla zaručena maximální bezpečnost dle platné legislativy.

Stůl se skládá z dřevotřískové desky o rozměrech 780x580 mm a tloušťce 18 mm. Na desku byl umístěn samotný pneumatický válec a tato sestava byla následně umístěna do kovové klece, která se skládá z duralových profilů FM-SYSTEME. Rozměry profilů 40x80 s výztuží a 40x40 mm zajišťují dostatečnou pevnost konstrukce a nosnost všech potřebných komponentů. [6]

Klec je umístěna na kolečkách s aretací, což umožňuje jednoduchou manipulaci s celým zařízením a zajištění nehybného postavení. Na veškeré plochy byla umístěna a připevněna kovová mřížka, která zamezuje přístup k lisovacímu stolu, a tím zvyšuje bezpečnost kolem pracovního prostoru lisu. V přední části je vynechaný otvor, sloužící ke vkládání a odebírání vylisovaného táčku. Tahle část je kryta plexisklovou tabulkou, která je pohyblivá, a to díky pneumatickým válcům. Dojezd toho plexiskla je řízen pomocí dvou koncových spínačů, které jsou na horní a dolní koncové pozici. [6]



Obr. 3-1: Pohled na aktuální konstrukci lisu [6]

### 3.1.2 Elektrická část

Základem elektrické části je místo, které se nachází na levé straně lisu, kde je umístěna většina potřebných elektronických komponentů. Z tohoto místa je pak tažena veškerá potřebná kabeláž k jednotlivým prvkům umístěným po celém zařízení.

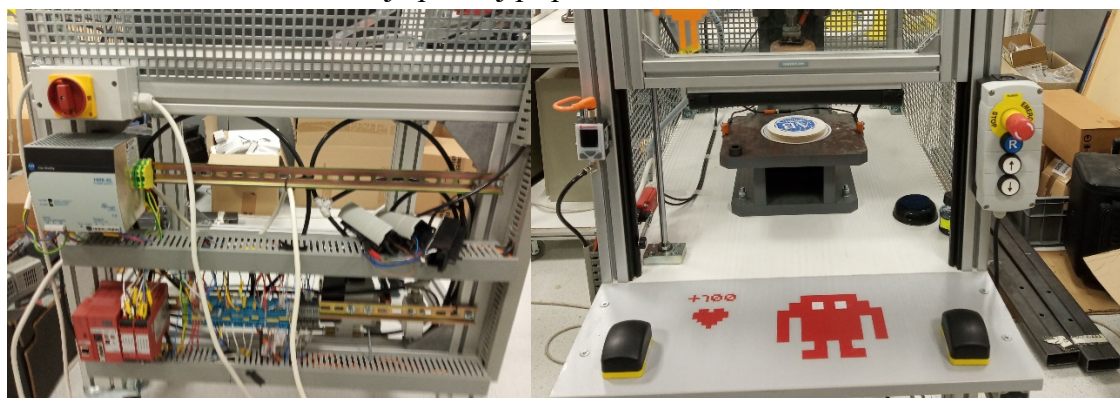
Na předchozím obrázku lze vidět, že veškerá potřebná elektronika, která nemusí být kvůli funkčnosti umístěna na příslušných místech lisu, se nachází ve spodní části zařízení na levých nohách. Skládá se z DIN lišty, která je připevněna vodorovně mezi nohami. Na této DIN liště jsou umístěny veškeré elektronické komponenty potřebné k řízení lisu. Veškerá kabeláž je vedena v elektroinstalačních žlebech, pro zajištění určité ochrany kabeláže, a hlavně estetiky tohoto místa a celého zařízení. Nad DIN lištou je umístěna elektroinstalační krabice, kde je umístěn jistič a dochází zde ke kontaktu se sítí 230 V.



Na této krabici je otočný hlavní vypínač, který slouží k odpojení napájení celého zařízení. Díky elektroinstalační krabici je dosaženo požadované bezpečnosti a potřebného krytí tohoto místa. Vedle této krabice je umístěno PLC ControlLogix, které bylo do konstrukce přidáno pro lepší monitoring samotného procesu. Pod ním na DIN liště je umístěno PLC SmartGuard600, které zajišťuje chod procesu lisování a bezpečnostní funkce lisu.

Na přední části konstrukce klece, v úrovni vkládání tácků, je na pravé straně umístěna krabička se 4 tlačítky. Ta slouží ke spuštění, zastavení a vyvolání reset stavu zařízení. Poslední tlačítko slouží pro funkci nouzového zastavení. Ve stejné úrovni vlevo je na konstrukci umístěn orientační ukazatel hodnoty tlaku. Dále je v přední části na pracovní desce stolu umístěna bezpečnostní hrana a tlačítka dvouručního ovládání. Na horní straně konstrukce je umístěn tříbarevný maják, který slouží pro rychlou a přehlednou indikaci aktuálního stavu lisu.

Bohužel, jak bylo při fyzickém seznamování se zařízením zjištěno, aktuální stav je poněkud jiný. Z důvodu aktuálního nepoužívání zařízení bylo PLC ControlLogix odebráno a využito na jiné potřebné účely. Tím pádem je lis aktuálně nefunkční, což není problém, protože bylo plánováno celé elektrické zapojení upravit. Jako první úkol bylo tedy elektrické zapojení upravit, hlavně zlepšit vizuální a bezpečnostní stránku celého zapojení. Dále bylo potřeba sestavit PLC z potřebných karet a použít do něj novější procesor, než byl použit v předchozí práci. Sestavené PLC bylo umístěno vedle elektroinstalační krabice, kde je pro něj připravené místo.



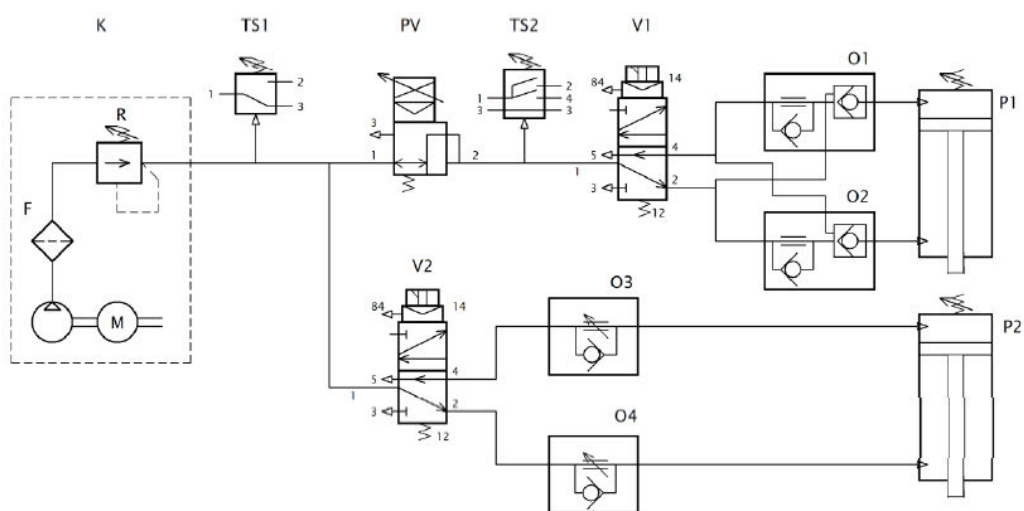
Obr. 3-2: Původní stav elektrického zapojení + přední strana zařízení

### 3.1.3 Pneumatická část

Hlavní částí celého zařízení je pneumatický válec Norgren RA/8100/M/0320, ten byl vybrán v původní práci na základě požadovaných vlastností a ceny. Tento válec byl připevněn k ocelové konstrukci tak, aby byl pevně uchycen a co nejméně omezován a ovlivňován případnými vibracemi a tlakem. Pro pohyb rámečku s plexisklem byl použit pneumatický dvojčinný válec podle DIN ISO 6432 se zdvihem 350 mm a průměrem válce 25 mm, který po odzkoušení vyhověl požadavkům a stačí na vysunutí rámečku. [6]

Veškeré části pneumatického zapojení jsou umístěny na vnitřní straně místa, kde se nachází elektrické zapojení viz. kap. 3.1.2. Komponenty jsou připevněny k využívaným DIN lištám. Do tohoto místa je přiveden stlačený vzduch od zdroje (kompresoru), dále je zde umístěn tlakový snímač, proporciální ventil a pneumatické ventily. Odtud je pracovní médium pomocí hadiček a rychlospojek vedeno dále do potřebných úseků celého lisu.

V pneumatickém vedení jsou tři hlavní prvky, které jsou důležité pro správné řízení a fungování válce. Prvním z nich je kompresor Schneider Silent Master 50-8-9W, který funguje jako zdroj stlačeného vzduchu. Dále je v tomto vedení zařazen tlakový snímač Norgen 18D 08813000, který se zde využívá ke sledování velikosti tlaku média. Hlavní je však pneumatický ventil Norgen V60 5/2, kterým se ovládá přívod vzduchu do lisovacího pneumatického válce. Tento ventil je řízen elektronicky a jeho výstup je dále veden přes omezovače vzduchu SMC typ ASP530F, až do koncového válce pro lisování. [6] Podrobné zapojení vedení vzduchu v zařízení viz obrázek 3-3:



Obr. 3-3: Pneumatické zapojení lisu [6]

**Popis schématu zapojení lisu: [6]**

- K - kompresor
- TS1,2 - tlakový snímač
- PV - proporciální ventil
- V1,2 - pneumatický ventil typu 5/2
- O1,2 - jednocestný propustný ventil
- O3,4 - jednocestný omezovač
- P1,2 - pneumatický válec (lisování, pojezd plexiskla)

### 3.1.4 Konfigurace PLC a Safety PLC

V této kapitole bude popsáno poslední funkční programové vybavení lisu, při kterém byl lis ještě ve funkčním stavu, a to po poslední bakalářské práci. Bude zde popsáno, na jakém PLC program běžel, jaké využíval komunikace, jeho aktuální bezpečnostní stav a jeho monitorovací PLC. Stručně bude naznačeno, jak funguje program celého lisu a bude popsán manuální režim procesu.

V zařízení pneumatický lis byl využit programovatelný automat ControlLogix od firmy Rockwell Automation. Jeho složení jednotlivých karet tvořilo dostačující nástroj pro přijímání a vyhodnocování vstupních analogových i digitálních signálů a na základě nich monitorování celého procesu lisování. Spojení modulů bylo provedeno pomocí připravených slotů a celá sestava obsahovala zdroj, procesor, komunikační kartu, digitální a analogové vstupy/výstupy, poslední karta v sestavě byla ControlNet. [6]

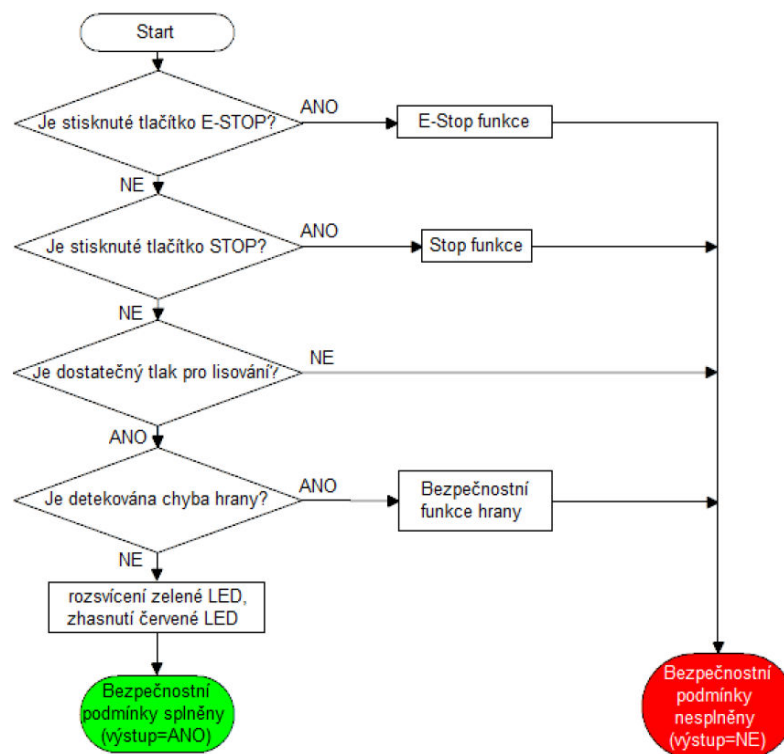
Ke komunikaci a propojení jednotlivých potřebných prvků byl použit komunikační ethernetový modul 1756-EN2TR. Veškeré signály byly v zařízení řešeny pouze pomocí I/O pinů, jediná ethernetová komunikace dle dostupných informací probíhala mezi PLC ControlLogix a PLC SmartGuard600. [7]

Zařízení pneumatický lis také dále obsahuje bezpečnostní PLC SmartGuard600, které monitoruje chod lisu a zajišťuje bezpečnostní funkce nad celým zařízením. Tohle PLC obsahuje 16 bezpečnostních vstupů, 8 bezpečnostních výstupů, 4 testovací pulz výstupy a Ethernet/IP port, který byl využit k propojení s PLC ControlLogix. Safety I/O moduly mohou být také připojeny k zařízení pomocí sítě DeviceNet. [7]

Bezpečnost provozu lisu byla vytvořena na základě požadavků na zajištění bezpečnostních rizik a jejich potlačení. Po přečtení dokumentace bylo usouzeno, že základ bezpečnostní funkce zajišťuje to, že pokud nejsou splněny stanovené podmínky, které zaručují následné bezpečné vylisování podtácku, tak nelze lisování spustit. Podrobněji musí být dosažen požadovaný tlak, musí být vložen táč pro lisování, sepnutý dolní a rozepnutý horní koncový spínač, které signalizují, že je rámeček s plexisklem spuštěn dole. Spuštění lisovacího procesu pak nastane podržením tlačítka START po minimální dobu 350 ms. [9]

Po povolení možnosti spustit lisování z první části bezpečnostní funkce, se spustí lisování a zároveň také bezpečnostní kontrola chodu lisu, která běží podle níže uvedeného vývojového diagramu (obr. 3-4). Podle něj probíhá bezpečnostní skenování všech potřebných komponentů. Každý komponent pak podle svého vývojového diagramu provádí svůj běh a skenování potřebných stavů. Pokud některý z kontrolovaných komponentů nesplňuje požadavek, lis se zastaví pomocí ventilu, který přepojí tlak vzduchu opačným směrem, a tím vytahuje píst lisovacího válce nahoru – zajišťuje bezpečný stav zařízení. [9]





Obr. 3-4: Vývojový diagram – hlavní bezpečnostní funkce lisu [6]

### 3.1.5 Programové vybavení

Programovatelný automat ControlLogix byl do zařízení přidán převážně pro potřeby monitorování procesu a vizualizace, celý řídicí program byl prováděn v SmartGuardu 600. Po poslední úpravě zařízení se však část programu přesunula do PLC ControlLogix a to pak obsahovalo program, který umožňoval správné fungování rozšíření vizualizace, lisovat automaticky podle předem navolené sekvence a také lisovat nastaveným konstantním tlakem. Poslední funkční program byl napsán v LAD jazyce a měl rozdělenou funkčnost mezi jednotlivé příčky programu. [6]

Hlavní řídicí program lisování je tedy nahrán v PLC SmartGuard 600, který zároveň nad programem monitoruje bezpečnostní podmínky a stavy. Hlavní program je rozdělen do šesti částí, každá tato část je tvořena podle určitého vývojového diagramu. Na jednotlivé části byl rozdělen z důvodu přehlednosti a obtížnosti následného programování. [6]

Hlavní smyčka pracuje stále dokola, po spuštění je provedena indikace připojeného napájení a čeká se na stisk tlačítka START. Po stisku tlačítka se rozsvítí zelená LED a program přechází dále. Zde jsou testovány hlavní bezpečnostní podmínky, které nepustí program dále, pokud nebudou splněny. Mezi tyto podmínky patří: přítomnost táčku, spuštěný rámeček s plexisklem na dolní poloze a stlačení START tlačítka. Splněním všech uvedených podmínek a kroků se povolí proces lisování. [6]

V dalším kroku probíhá konkrétní vyhodnocení bezpečnostních podmínek a stisk tlačítka STOP. Pokud dojde k porušení jedné z podmínek nebo ke stisku tlačítka,

přesunuje se program do obslužného bloku, po obsloužení bloku se nastaví odpověď bloku na stav – nesplněné bezpečnostní podmínky a program se vrátí zpátky na začátek hlavní testovací smyčky. [6]

Následující část řeší bezpečnostní funkci Nouzového zastavení, při stisku tlačítka dochází k zablokování možnosti lisování, rámeček s plexisklem vyjede nahoru a je sepnut koncový spínač poloha horní. Jediný způsob, jak se dostat z této funkce, je odaretovat nouzové tlačítko na konstrukci lisu. Zpátky do hlavní smyčky se přesune stiskem tlačítka START. [6]

Další část je opět STOP funkce a vykonává se úplně stejně jako Nouzové zastavení a to, že se blokuje lisování a rámeček s plexisklem je v horní poloze. Jediný rozdíl těchto funkcí je, že pro navrácení do hlavní smyčky stačí zmáčknout tlačítko START a přechod není blokován aretací u tlačítka. [6]

Předposlední část programu je funkce, která testuje bezpečnostní hranu, pokud k ní dojde, tak se lis zastaví, rámeček s plexisklem jede nahoru. Během toho bliká zelená LED a červená LED svítí. Pro návrat z této funkce je potřeba držet tlačítko START po dobu 350 ms. [6]

Poslední část tvoří hlavní proces, a to lisování samotného táčku. Spuštění procesu nastává splněním hlavní smyčky, a tudíž testováním všech bezpečnostních podmínek. Tím dojde k povolení lisování – píst lisovacího válce jede dolů a pod určitým tlakem na tácek vylisuje logo.

Lisování jde během chodu zastavit obsluhou, a to výše zmíněnými bezpečnostními funkcemi nebo stiskem STOP tlačítka, tyhle aktivity přesunou program do určité obslužné funkce a tam probíhá její obsloužení. Druhá možnost zastavení je nechat proces dokončit a provést potřebné kroky procesu. Po ukončení lisování uživatel stiskem STOP tlačítka otevře rámeček s plexisklem, to vyjede do polohy horní, a tudíž nelze znovu lis spustit (podmínka rámečku dole). V tuto chvíli může uživatel bezpečně odebrat vylisovaný tácek. A zařízení je připraveno na další lisovací úlohu. Po vložení táčku a spuštění jede celý program od znovu. [6], [8]

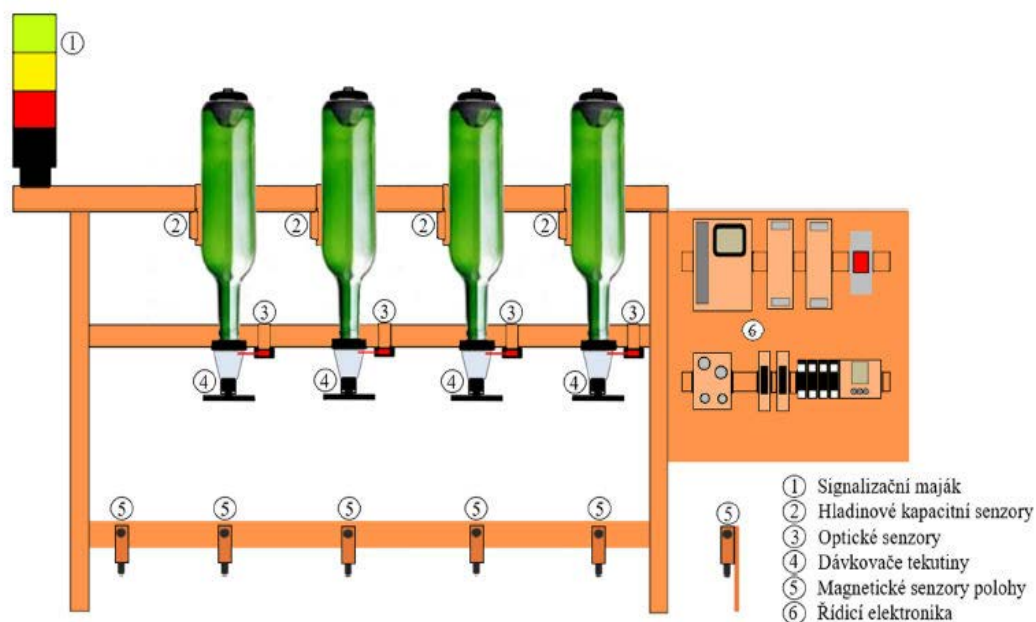
## 3.2 Barman

V této kapitole je popsáno další zařízení, které bude využíváno pro jisté účely v závěrečné práci. Tohle zařízení je automatizovaný barman. Barman je další z mnoha zařízení v laboratoři, na kterých se dělají bakalářské a diplomové práce. Struktura této kapitoly je stejná jako kap. 3.1.

### 3.2.1 Mechanická konstrukce

Automatizovaný barman je zařízení, které se skládá z více jednotlivých částí, každá tahle část plní svůj specifický úkol a její konstrukce odpovídá mechanickým potřebám a funkčním účelům pro správný chod celého barmana.

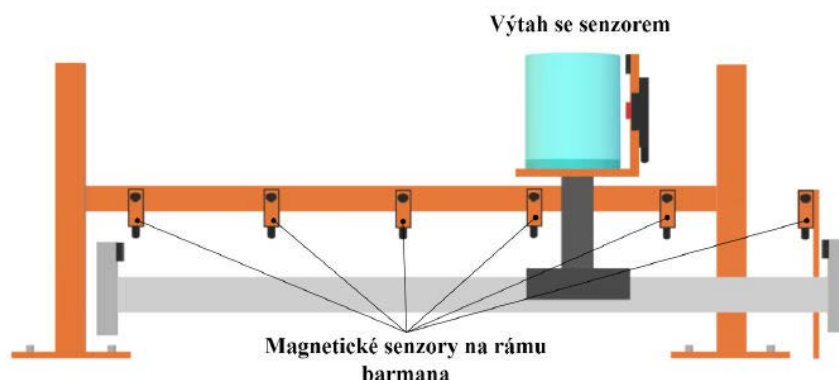
Hlavní část je kovová, třípatrová konstrukce, která slouží převážně pro uchycení dávkovačů nápojů, na tomhle modelu je možnost použít čtyři dávkovače. V těchto dávkovačích jsou našroubovány jednotlivé láhve, a tím jsou uchyceny k modelu. Dále jsou na téhle konstrukci připevněny snímače (hladiny, přítomnosti apod.). Na pravé části konstrukce je místo s elektronikou a řídicími prvky celého modelu. Celá konstrukce je umístěna na pracovní stůl, který je usazen na kolečkách, což umožňuje s modelem velice jednoduše manipulovat včetně veškerých komponentů. Na konstrukci se taktéž nachází signalizační maják, pomocí kterého lze jednoduše signalizovat připravenost, chod nebo chybu barmana. Na přední hraně stolu je umístěno pět ovládacích podsvícených tlačítek. Červené tlačítko je blokováno klíčkem a slouží k manuálnímu spuštění modelu, zbylé čtyři jsou modré a slouží k dodatečnému ovládání barmana. [2]



Obr. 3-5: Hlavní rám barmana [5]

### 3.2.2 Dopravník

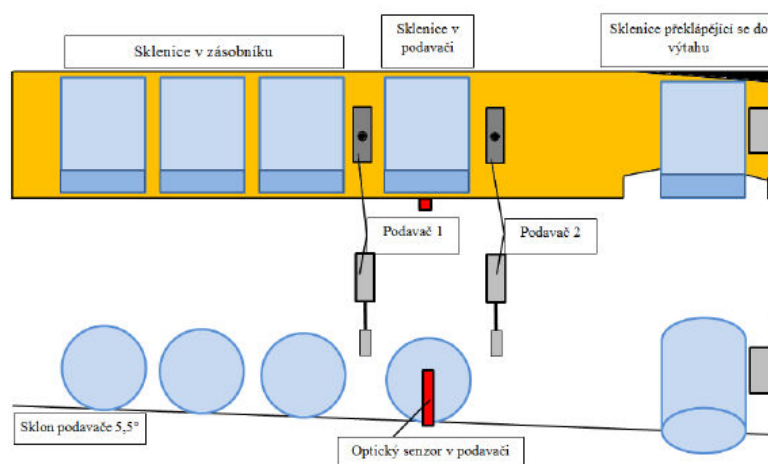
Další částí barmana je dopravník, který je umístěn pod kovovým rámem uprostřed pracovního stolu. Tento dopravník má pojezd dlouhý 80 cm. Jedná se o pneumatický válec s horizontálním posuvem, na dopravníku je připevněn dvojitý pneumatický válec s vertikálním posuvem. Na vršku válce je konstrukce, která zajišťuje zachycení skleničky padající ze zásobníku. Pro lepší přehlednost a pochopení byl mým předchůdcem vertikální válec s konstrukcí na skleničku pracovně přejmenován na „výťah“. Jak již bylo řečeno, výťah slouží k vyzvednutí skleničky ze zásobníku, poté se skleničkou vyjíždí pod určitou láhev s nápojem, který je potřeba do skleničky nadávkovat. K vyzvednutí dávky dojde tak, že výťah tlačí skleničku proti dávkovači a ten vpustí 20 ml tekutiny do skleničky. Horizontální dopravník pak přemísťuje výťah od zásobníku pod jednotlivé láhve a po vyzvednutí všech dávek přesune výťah na konec, kde je umožněn odběr skleničky s hotovým nápojem. Jednotlivé pozice výťahu jsou snímány pomocí magnetických snímačů, které jsou připevněny na hlavním rámu barmana. Funkčnost snímání je zajištěna pomocí magnetu, který je připevněn na zadní straně výťahu. [5]



Obr. 3-6: Dopravník s výťahem a rozmístění senzorů [2]

### 3.2.3 Zásobník na skleničky

Poslední část barmana, která zde už byla také zmíněna, je zásobník na skleničky. Z pohledu konstrukce je to nakloněná rovina, která zajišťuje pohyb směrem k místu, kde ji odebírá výťah. Na základě digitální vodováhy byl změřen úhel náklonu na  $5,5^\circ$ . V této ploše jsou umístěny dva pneumatické podavače, které drží skleničku do doby, než je výťah připraven pod otvorem. Do zásobníku se vlezou tři skleničky, mezi podavače je pak puštěna pouze jedna sklenička. Díky výřezu na konci zásobníku propadne dno skleničky a svou tíhou se překlápí, tudíž se postaví na konstrukci připraveného výťahu. Pro jistotu správného překlacení byl ještě do zásobníku dodán menší výstupek, který dá první impuls k překlacení skleničky správným směrem. V zásobníku nejsou žádné senzory pro snímání přítomnosti nebo počtu skleniček, je tedy potřeba vizuálně kontrolovat zásobník. Jedná se o zásadní věc, která by se v rámci další práce měla dodělat a díky tomu následně signalizovat chybějící skleničky. [5]

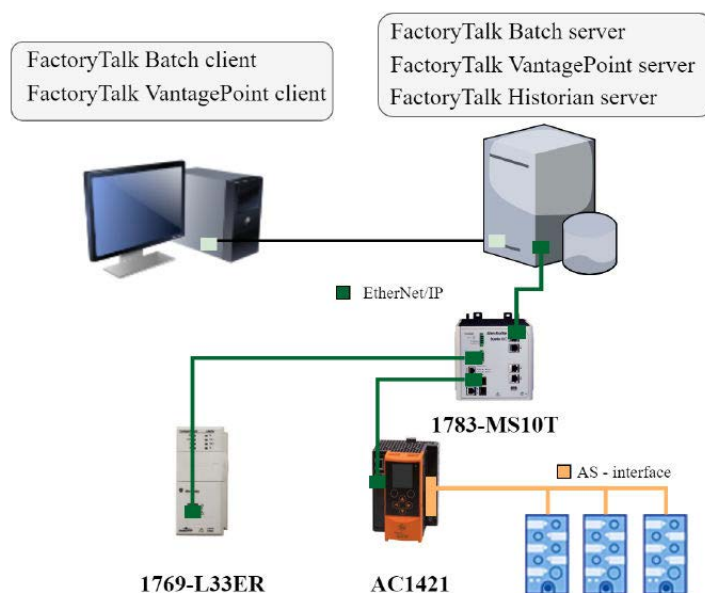


Obr. 3-7: Zásobník na skleničky [5]

### 3.2.4 PLC a komunikace

V této kapitole je popsáno aktuální složení barmana, na jakém PLC program běží, jaké využívá komunikace a k čemu. V následující kapitole pak bude stručně naznačeno, jak funguje program celého barmana napříč fázemi a procesy. Také bude popsán manuální režim a řízení dávkové výroby.

U modelu automatizovaný barman je použito PLC AC1421 od firmy ifm electronic. Tenhle automat zajišťuje rychlou výměnu dat na nejnížší úrovni řízení po sběrnici AS-Interface. Digitální vstupy a výstupy jsou mapovány na fyzickou adresu dle IEC standardu. Automat také podporuje komunikace na vyšší úrovni, a to pomocí EtherNet/IP. Dále umožňuje vytvořit vlastní web-server, ten je v barmanovi použitý a běží na něm samostatná vizualizace modelu. [2]



Obr. 3-8: Komunikační model barmana [2]

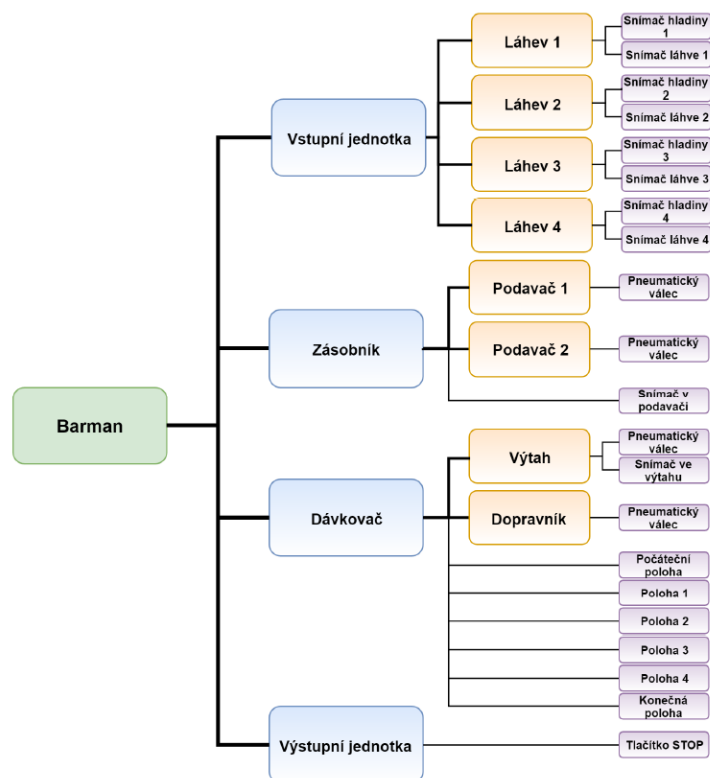
### 3.2.5 Programové vybavení

Výchozím režimem barmana je manuální neboli ruční řízení. V tomto režimu lze ovládat barmana skrze již zmíněná tlačítka na přední části pracovního stolu. Pomocí těchto tlačítek lze navolit láhve, ze kterých chceme vytvořit nápoj, možnost použití láhve je signalizováno podsvícením tlačítka. Funkčnost těchto tlačítek je podmíněna pozicí výtahu pod zásobníkem se skleničkami, kde čeká na nabrání skleničky. Následným spuštěním se do výtahu vloží sklenička a začne proces napouštění z lahví, po dokončení plnění ze všech navolených lahví se sklenička pomocí dopravníku dostane na konec, kde je připravena k odebrání. Následně se rozsvítí podsvícení tlačítka stop, které po stisknutí a podržení spustí sekvenci, která uvede výtah do polohy pod zásobník a čeká na nový cyklus. V dávkovém řízení je zajištěno, že pokud dojde k přerušení komunikace mezi systémy, program se automaticky nastaví do manuálního režimu, dojde tak k zajištění bezpečnosti a omezení nežádoucích stavů a chování barmana. Pokud se komunikace obnoví a neprovádí se manuální výroba, program zase přepne z manuálního režimu na dávkové řízení. [2]

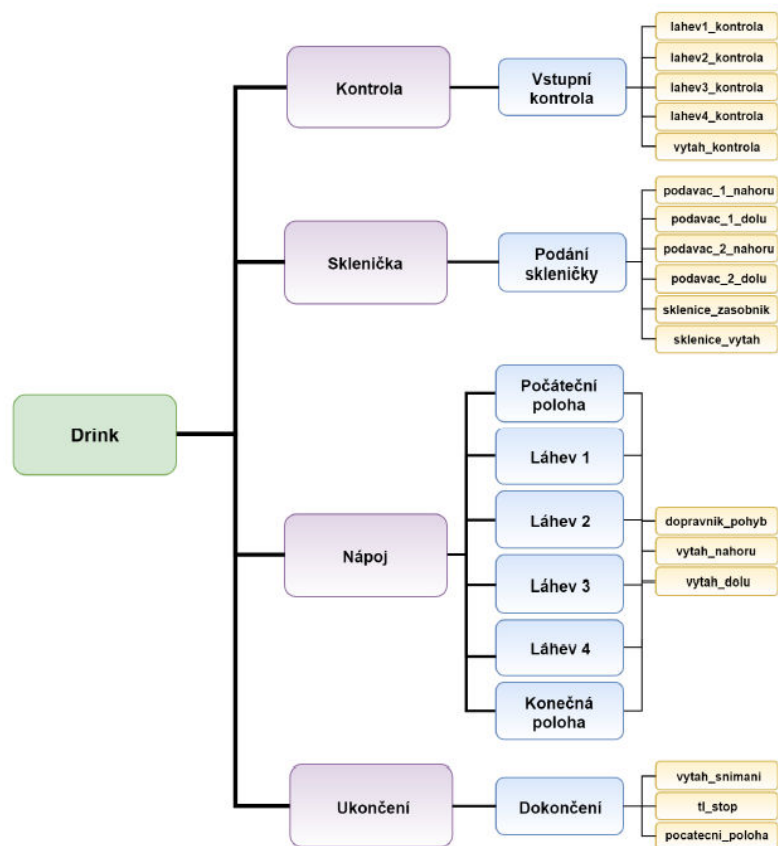
Dávkové řízení je automatický chod barmana, tento režim výroby lze ovládat pomocí softwaru FT Batch View, ve kterém se vytváří a řídí jednotlivé dávky. V téhle aplikaci lze v uživatelském prostředí sledovat zařízení, receptury a dávky, které s barmanem souvisí. Taktéž je možno v aplikaci sledovat aktuální průběh připravované dávky, tudíž lze vidět, v jakém stádiu se aktuálně příprava nápoje nachází. Vytváření dávky a její povелování je podmíněno přihlášením pomocí účtu, který má příslušná práva a může tedy v aplikaci s dávkami pracovat. Pak tedy může přihlášený uživatel, jak vytvořit receptury, tak i zadávat počty dávek a tím řídit výrobní proces. Program pak podle receptury vykonává potřebné kroky k tomu, aby byl namíchán zvolený nápoj, ten lze po dokončení procesu odebrat na konci dopravníku. [2]

Program modelu byl vytvořen v prostředí CODESYS 3.5. Hlavní program se skládá z jednotlivých fází procesu. Každá takhle fáze je vytvořena jako stavový automat, mezi jednotlivými stavy se přechází jen na základě splnění určitých podmínek. Synchronizace mezi jednotlivými fázemi a systémy probíhá po síťové komunikaci EtherNet/IP. Hlavní smyčka programu není řízena jako fáze, je to klasický cyklický chod programu. V něm například právě běží řízení komunikace mezi řídicími systémy. Dále se v ní vyhodnocuje, zda bude výroba probíhat dávkově anebo manuálně (ruční režim). Taktéž zde probíhá sběr a vyhodnocení dat, které jsou určeny pro integraci do podnikové sféry. V hlavní smyčce musí taky probíhat snímání polohy výtahu pomocí šesti magnetický snímačů. Zbytek programu je tvořen pomocí funkčních bloků. [2]

Na obrázcích 3-9 a 3-10 je možno vidět fyzický a procedurální model, který byl vytvořen v předchozí práci při návrhu a realizaci řízení barmana. Obrázky souvisejí s textem v předchozích odstavcích a tvoří základ pro tvorbu dávkového řízení na tomto zařízení. Tyto modely budou tvořit základ pro další potřebné kroky a bude z nich vycházet navazující práce spojená s tímto zařízením.



Obr. 3-9: Fyzický model barmana [2]



Obr. 3-10: Procedurální model barmana [2]



## 4. REALIZACE VÝROBNÍ LINKY

V této kapitole je popsáno, co bylo potřeba provést za změny na jednotlivých zařízeních, jak je přizpůsobit a upravit tak, aby bylo možné je uspořádat do tzv. výrobní linky. Jedná se převážně o fyzické úpravy, tedy o elektrické zapojení, vzduchové rozvody, aktualizace karet a propojení komunikací těchto zařízení.

### 4.1 Fyzická příprava

#### 4.1.1 Lis

Jako první byly provedeny úpravy na zařízení pneumatický lis. Bylo potřeba nejprve lis zprovoznit a otestovat funkčnost jednotlivých součástí lisu. Dále také doplnění automatu s procesorem a příslušnými kartami. Převážnou většinu úkonů na lisu představovaly fyzické úpravy v elektrickém zapojení.

Po převzetí tohoto zařízení bylo nutné doplnit do něj automat, který zde chyběl. Po konzultaci s vedoucím byl do lisu vložen sestavený automat ControlLogix od firmy Allen Bradley. Ten byl složen na základě podkladů z poslední závěrečné práce k lisu. Byly do něj vloženy potřebné I/O karty, a to konkrétně digitální vstupy a výstupy, také analogové vstupy a výstupy, EtherNet karta pro možnost připojení komunikace. Jediná změna v konfiguraci karet byl procesor, ten byl vyměněn za typ z vyšší řady, konkrétně za Logix5573. Po připevnění automatu ke konstrukci lisu do něj byly připojeny veškeré potřebné datové vodiče a také napájecí, které byly paralelně připojeny na svorky hlavního zdroje v tomto zařízení.



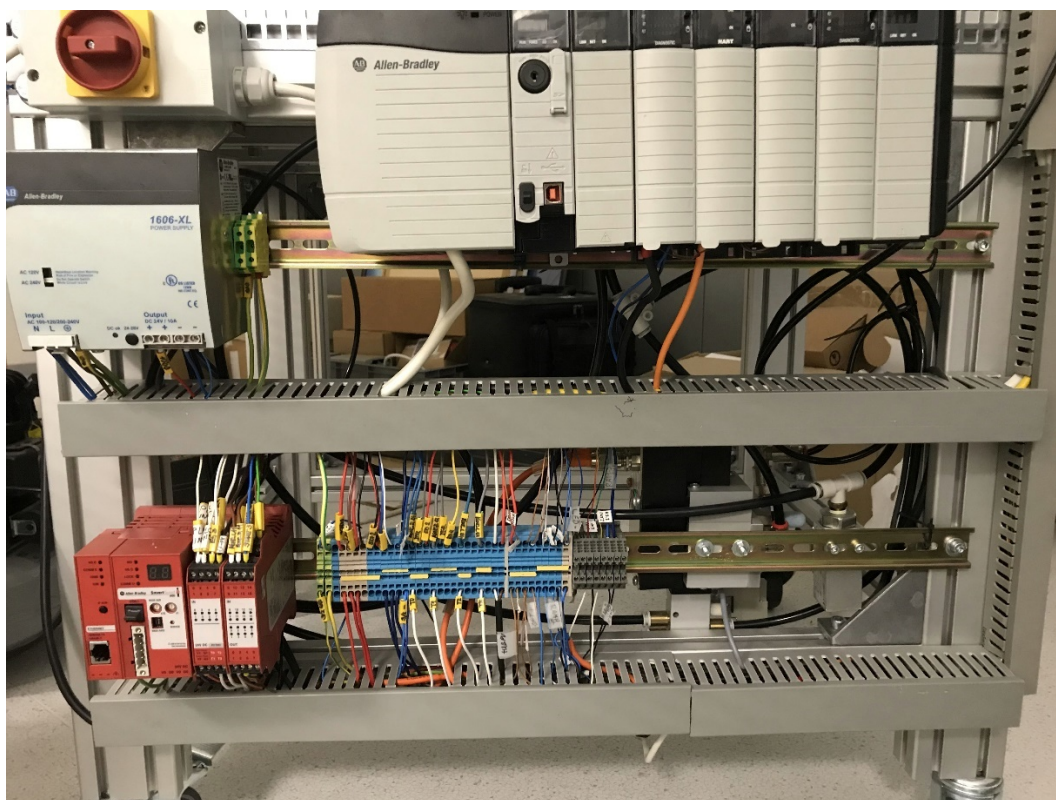
Obr. 4-1: Sestavený automat ControlLogix umístěný v lisu

Následovala nutnost zařízení zprovoznit a následně vyzkoušet veškeré jeho funkcionality a ověřit postup vykonávání programu, dle popisu v předchozí závěrečné práci. Před spuštěním programu bylo nutné v stávajícím projektu upravit revize karet a updatovat firmware procesu. Po provedení všech potřebných nastavení a úprav byl



úspěšně zdrojový kód nahrán do automatu a spuštěn. Při testování procesu lisování všechny kroky fungovaly dle popisu a očekávání. Postupně byly odzkoušeny veškeré komponenty lisu, které by svou nefunkčností mohly způsobit nežádoucí stavy, a snížit tak bezpečnost celého zařízení.

Hlavním úkolem úprav bylo přetvořit elektrické zapojení lisu, které se nachází na levém boku zařízení. Po sejmutí krytů elektroinstalačních žlabů bylo zjištěno, že se v nich nacházelo zbytečně mnoho kabelů a vodičů, které v zařízení už nemusely být. Veškerá kabeláž byla ze žlabů vytažena ven a následovala kompletní přeměna jak samotného fyzického zapojení, tak i vzhledové stránky tohoto místa. Většina vodičů byla zkrácena na dostatečnou délku tak, aby ve žlabech nezabíraly zbytečně místo, a uvolnily tak prostor pro další případné vodiče. Na většině vodičů bylo potřeba přelisovat koncové dutinky, a to z důvodu špatného kontaktu nebo potřeby původní dutinku odstranit kvůli zkrácení daného vodiče. Po dokončení veškerých úprav byly vodiče uloženy zpátky do žlabů a urovnané do příslušných mezer mezi plastovými kolíky tak, aby směřovaly kolmo k přípojným svorkám. Následně bylo provedeno odzkoušení funkčnosti lisu, zda nebylo úpravou zapojení něco přerušeno nebo špatně zapojeno. Na konec stačilo pouze žlaby zakrytovat a dokončit vzhledovou stránku celého zapojení a tím byla tato úprava dokončena.



Obr. 4-2: Aktuální elektrické zapojení lisu

#### 4.1.2 Barman

Jako další zařízení pro tuhle práci byl převzat barman. Na tomto zařízení se pracuje v rámci závěrečných prací skoro každý rok, proto jeho stav a zapojení byly v dobrém stavu a bylo provedeno jen pár drobných úprav.

Opět bylo potřeba barmana nejprve zprovoznit podle posledních informací a zdrojových kódů. Pro nahrání programu barmana bylo potřeba pouze updatovat firmware. Následně šel aktuální zdrojový kód do zařízení nahrát bez problémů a jeho funkčnost odpovídala popsaným úkonům v jeho poslední dokumentaci. Nebylo tedy potřeba nějak zasahovat do programového vybavení tohoto zařízení a tím bylo umožněno dále bez problémů pokračovat v přípravách linky.

Co se týkalo elektrického zapojení barmana, nebylo potřeba dělat nějaké zásadní úpravy. V místě zapojení bylo pouze provedeno drobné urovnání a uspořádání vodičů, některé koncové dutinky byly přelisovány a následně byly dotaženy veškeré šroubové spoje, kde docházelo ke špatným kontaktům.

Pro provedení posledního bodu zadání práce bylo potřeba doplnit čisté skelníčky a plné láhve do barmana, tento úkon byl proveden až v době ověřování funkčnosti mého řešení. Hlavním důvodem byla neustálá manipulace s celým zařízením, a tedy možnost rozbití skleniček nebo lahví.



Obr. 4-3: Připravený barman

### 4.1.3 Pneumatický obvod

Základem obou zařízení je jejich pneumatický obvod a komponenty, proto bylo potřeba také řešit nějaké úpravy s pneumatikou a její připravenost na vytvoření linky.

Jak bylo popsáno v dřívějších kapitolách, zdroj vzduchu zde tvoří kompresor Schneider Silent Master 50-8-9W. Bohužel kompresor je v laboratoři pouze jeden, a tudíž muselo být řešeno, jak zásobovat vzduchem obě zařízení. Proto bylo potřeba sehnat rozdvojku vzduchu a tu použít za výstupem kompresoru. Dále bylo potřeba do barmana přidat redukční ventily, protože barman pracuje na nižším tlaku než lis, proto redukční ventil omezuje tlak, který by komponenty v barmanovi poškodil.

Použitý kompresor byl vždy používán pouze pro jedno zařízení v laboratoři. Po spojení obou pneumatických obvodů tedy nebylo zřejmé, zda bude kompresor dodávat potřebné množství média do obou zařízení. Během testování kompresoru byl odhalen další problém, a to špatné těsnění stávajících rychlospojek, bylo potřeba je tedy vyměnit a pořádně dotáhnout. Hlavním důvodem bylo udržet potřebný tlak v celém oběhu a zaručit určitou bezpečnost vzduchového obvodu. Během testování pak byly také preventivně odzkoušeny zbylé vzduchové komponenty v celém řetězci.



Obr. 4-4: Nové rychlospojky do pneumatického obvodu

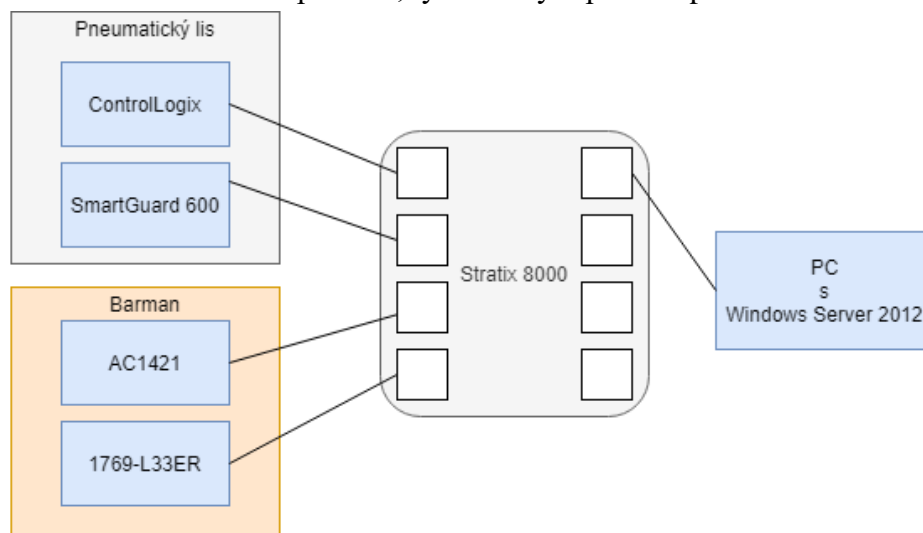
Jednotlivé pneumatické obvody uvnitř zařízení včetně všech jejich komponentů byly zkontrolovány a na základě této kontroly bylo usouzeno, že není potřeba provádět nějaké další zásahy do rozvodů. Veškeré komponenty fungovaly správně, a tak bylo provedeno pouze dotažení jejich úchytných bodů pro lepší pevnost a odolnost vůči mechanickým nárazům.

### 4.1.4 Komunikace

Před vytvořením linky bylo také potřeba řešit komunikaci mezi jednotlivými úseky této linky. Každé zařízení už komunikuje v rámci svého fungování minimálně mezi dvěma automaty, většinou je k tomu využita EtherNet/IP karta, která obsahuje jeden ethernet slot. Komunikace probíhala buď mezi dvěma automaty přímo, nebo pomocí switchu, který byl k zařízením přidán převážně z důvodu vizualizace a připojení PC nebo serveru, na kterém vizualizace běžela.



Nyní bylo potřeba veškeré automaty a potřebné části programového vybavení propojit dohromady. Byly tedy odpojeny veškeré propojovací kabely a veškerá potřebná připojení byla připravena na nové kabely. K tomu byly použity klasické UTP kabely s konektory RJ-45. Propojovacím zařízením byl zvolen switch Stratix 8000 od firmy Allen Bradley, který byl dostupný v laboratoři, a bylo tedy snazší použít již dostupný hardware. Zvolený switch nám v základu poskytuje 8 ethernet portů, to nám pro naše potřeby k propojení všech potřebných zařízení stačilo. Jak lze vidět na obrázku 4-5, switch také umožňuje připojení další karet s ethernet portami, ty ale nebylo potřeba použít.



Obr. 4-5: Blokové zapojení jednotlivých zařízení do switche

Do switche byly tedy zapojeny následující komponenty: Z lisu to je automat ControlLogix a SmartGuard 600, z barmana pak automat AC1421 a 1769-L33ER. Také do této sítě bylo připojeno PC, na kterém běží veškeré potřebné softwary. V jednotlivých projektech aplikací bylo potřeba vypnout DHCP a nastavit pevné statické adresy tak, aby nedocházelo mezi automaty ke kolizím.

Tab. 4-1: Přidělené IP adresy jednotlivým zařízením

Stroj	Zařízení	IP adresa
Pneumatický lis	PLC ControlLogix	172.20.192.44
Pneumatický lis	PLC SmartGuard 600	172.20.192.45
Barman	PLC 1769-L33ER	172.20.192.42
Barman	PLC AC1421	172.20.192.46
PC	Windows server 2012	172.20.192.47



### 4.3 Uspořádání strojů

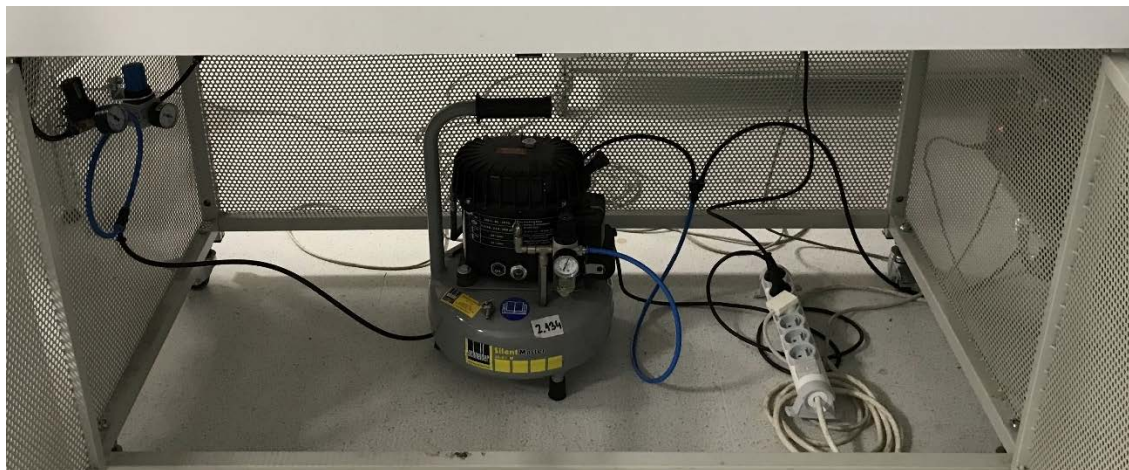
Fyzické uspořádání strojů proběhlo v příslušné laboratoři. Před samotným přesunem bylo potřeba si nejprve vytvořit manipulační prostor, a to z důvodu omezeného prostoru v laboratoři. Ve vzniklém prostoru pak došlo k umístění obou strojů tak, aby byl, pokud možno, co nejvíce dodržen vytvořený návrh, který byl představen v předchozí kapitole. Do uspořádání byl následně vložen kompresor a k němu přiveden přívod elektriny, který slouží také pro napájení obou strojů. Na závěr byla propojena komunikace obou strojů a řídicího počítače do switche, a tím bylo celé uspořádání dokončeno.

V laboratoři se nacházelo mnoho strojů a zařízení na jednom místě, převážná část tohoto prostoru měla být využita k umístění požadované linky. Nejprve tedy veškeré stroje, které šly přemístit, byly odsunuty mimo tento prostor. Tím vznikl manipulační prostor, který umožnil přesun lisu a barmana. Jedno ze zařízení v laboratoři není umístěno na kolečkách, tudíž manipulace a jeho přesun byl nemožný, tohle zařízení tedy zůstalo na původní pozici. Mezi tímto zařízením a skříní ale vznikl dostatečný prostor na umístění linky, a tak plánovaný návrh neomezil. Do vzniklého prostoru na vyznačené pozice byla převezena a umístěna obě zařízení. Tímto úkonem vznikl fyzický základ linky, její aktuální vzhled a složení odpovídá plánovanému návrhu. Uspořádání strojů lze vidět na následujícím obrázku.



Obr. 4-7: Fyzické uspořádání strojů

Po dokončení tohoto uspořádání se do něj musel přidat také kompresor a k němu přivést přívod elektřiny, který spolu s kompresorem napájí obě zařízení. Pro tento účel byl využit prostor pod zařízením barman, tento prostor je celý uzavřen do kovové klece. Přední stěnu klece tvoří dvoukřídllová dvířka, která lze jednoduše otevřít a v případě potřeby se tedy k těmto komponentům bez problému dostat. Jako přívod elektřiny byl využit prodlužovací kabel 3x2,5mm<sup>2</sup>, na konci tohoto kabelu je umístěno šest zásuvek s předžázeným vypínačem. Pro zřetelnější indikaci chodu obsahuje vypínač světelnou signalizaci.



Obr. 4-8: Prostor pod barmanem, vlevo redukční ventily

V předchozích kapitolách je popsáno, že k propojení komunikace jednotlivých zařízení bude využit switch Stratix 8000. Ten byl umístěn poblíž řídicího počítače na pracovní stůl, který se nachází naproti oběma strojům. Jeho umístění tedy odpovídá vytvořenému návrhu z kapitoly 4.2. K propojení jednotlivých automatů byly využity UTP kabely, které se nacházely přímo v laboratoři. Veškeré datové kabely jsou svedeny od automatů přes nejbližší svislý úsek k podlaze, odtud jsou vedeny mezi barmana a lis. Vzniklou uličkou mezi oběma stroji jsou pak kabely taženy k protějšmu stolu, kde jsou napojeny do příslušného switchu. Jedním krátkým propojovacím kabelem je do switchu připojen také řídicí počítač, na kterém běží Windows Server 2012. Z tohoto počítače došlo k nastavení veškerých příslušných IP adres jednotlivým komponentům. Dále bude tento počítač také využíván jako zařízení, na kterém poběží veškeré nezbytné softwary pro tuto práci. Mezi ně patří např. vývojové prostředí, pomocí kterého bude vyvíjena samotná aplikace pro pneumatický lis, ale také potřebné softwary pro následnou realizaci a implementaci standardu ISA-95 na obě zařízení.



## 5. APLIKACE KOMPONENTŮ MODELU

Kapitola popisuje vytvoření a aplikování funkcionalit dávkového řízení na zařízení pneumatický lis. V první části je velmi stručně popsán batch control a jeho modely, které jsou pro aplikaci využity. Dále pak samotný návrh dávkového řízení s využitím právě již zmíněných modelů. Krátce je zde vysvětlen také testovací kód, který sloužil pro přípravu a vyladění samotného kódu. Na závěr kapitoly je popsána realizace navrženého dávkového řízení.

### 5.1 Batch control

V dnešním průmyslu se lze setkat s různými typy technologických procesů. Tyhle procesy jsou známy pod pojmy diskrétní, spojitý a dávkový. V téhle kapitole je velmi stručně popsáno, co je to dávkový proces a jaké jsou jeho nejznámější modely, které budou využity v téhle práci.

Dávkové procesy jsou vlastně hybridem spojitých a diskrétních procesů, tudíž se v dávkových procesech objevují znaky a vlastnosti spojitých i diskrétních. Tento proces lze také popsat tak, že konečné množství materiálu je vystaveno po omezenou dobu určitým činnostem, které materiál zpracují podle předepsaného postupu. K úpravě materiálu může být využit jeden nebo více strojů či zařízení. Výstupem těchto procesů neboli provedení dávkového procesu je tzv. dávka, označována jako batch. [1], [18]

#### 5.1.1 Standard S88

Pro Batch control byl vyvinut standard ISA-88, jedná se vlastně o filozofii řízení. Přínosy standardu jsou hlavně modularita, lepší komunikace subjektů a opakované použití. [19]

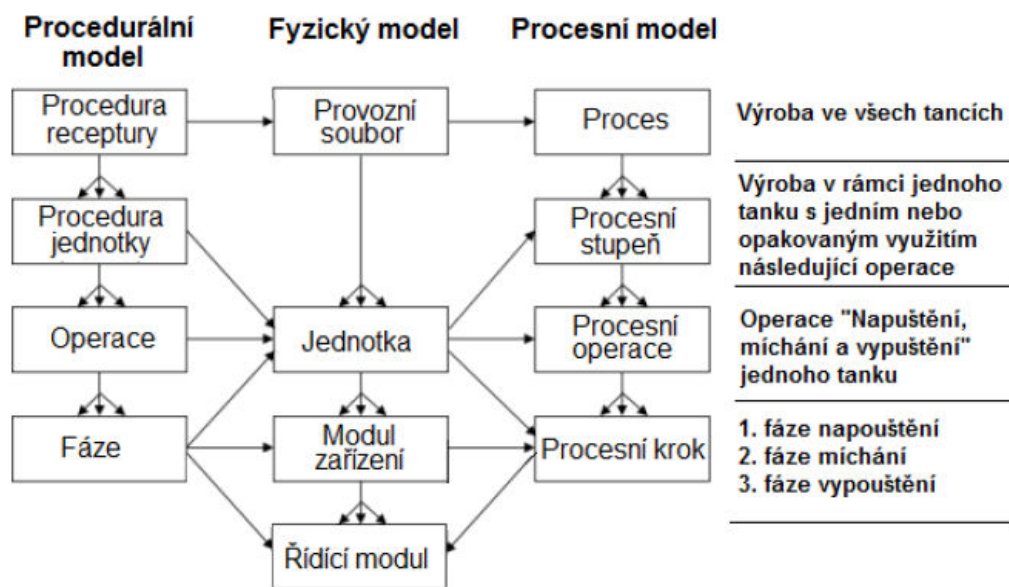
Z pohledu modularity se jedná o pochopení rozsáhlých technologických procesů tím, že ho rozdělíme na jednotlivé jednoduché operace. [1]

Lepší komunikace subjektů spočívá v tom, že tvoří standardní terminologii, a tím tvoří pevný základ komunikace mezi uživateli a dodavateli. [1]

Opakované použití je spojeno s již zmíněným přínosem, a tím je modularita. Po rozdělení procesu na jednoduché operace docílíme toho, že tyhle operace můžeme použít vícekrát např. základní ovládání ventilu, tuto vytvořenou operaci lze následně využít u všech ventilů v celém výrobním procesu. [1]

V rámci standardu S88 se nejčastěji používají tři základní otázky. Jak budeme vyrábět, kde budeme vyrábět a co budeme vyrábět? Ke každé této otázce lze přiřadit jeden ze tří modelů tohoto standardu. Tyhle modely jsou známy pod názvy procesní, fyzický a procedurální. Jestliže se tedy budeme bavit o tom, jak budeme vyrábět, jedná se o procesní model. Pokud se řeší otázka, kde budeme vyrábět, jedná se o fyzický model. Poslední otázka, jak budeme vyrábět, se tedy pojí s procedurálním modelem. Modely jsou mezi sebou propojeny určitými vazbami, které jsou vidět na následujícím obrázku. [21]

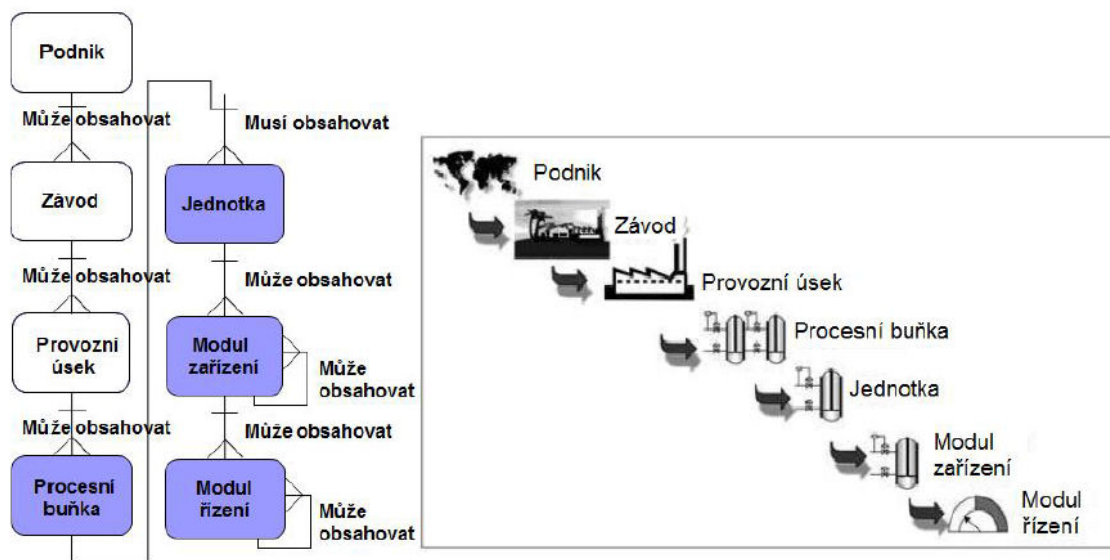




Obr. 5-1: Vazby mezi modely standardu S88 [20]

### 5.1.2 Fyzický model

Fyzický model neboli modulární hierarchická je struktura fyzického vybavení výrobního celku. Model vzniká již při projektech budování výrobního zařízení a souvisí s ním následné modifikace a modernizace. Skládá se ze dvou hlavních částí, tou první je podnik, jeho určitý závod a provozní úsek v daném závodě. Druhá část popisuje specifickou část provozního úseku, a to procesní buňku výroby, její jednotlivé jednotky určené pro specifickou činnost v dané operaci. Ta se skládá z jednotlivých modulů zařízení, a ta dále obsahují moduly řízení, které představují nejnižší úroveň řízení. Pomocí dvou pohledů je model graficky vyobrazen na obrázku 5-2. [21]



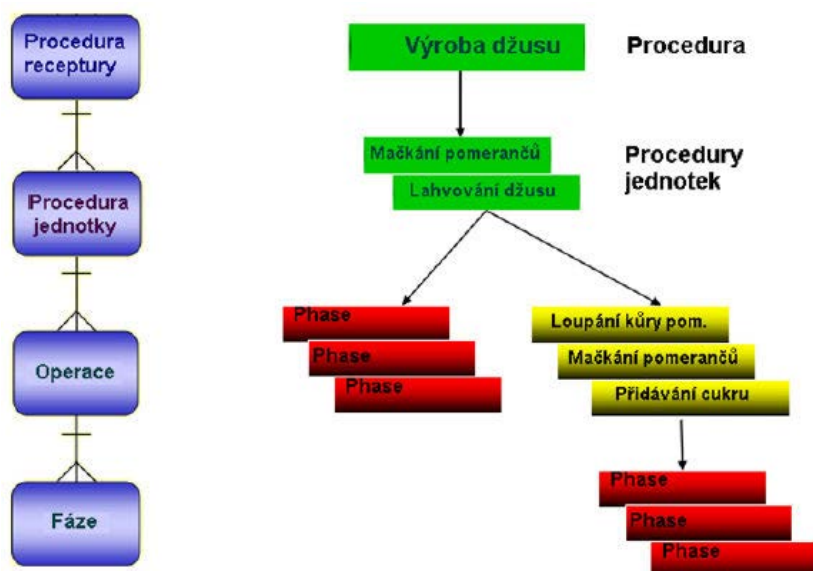
Obr. 5-2: Fyzický model podle standardu S88 [1]

### 5.1.3 Procesní model

Procesní model popisuje proces z pohledu jednotlivých procesních akcí. Nespojuje se s žádným konkrétním zařízením, nicméně představuje dávkový proces. Prezentuje a garantuje funkčnost a parametry projektu. Procesní model je definován jako čtyřúrovňová struktura, která popisuje hierarchicky technologický proces. Tyhle čtyři úrovně jsou nazývány jako proces, procesní stupeň, procesní operace a procesní krok. [1]

### 5.1.4 Procedurální model

Procedurální model tedy představuje střední úroveň hierarchie zařízení, která je zodpovědná za oživení funkcí základního řízení. Tenhle model spojuje určité části předchozích dvou modelů, popisuje hierarchii činností, které je nutné vykonat pro správnou výrobu požadované dávky. Jedná se o základ pro samotnou softwarovou implementaci těchto činností. Jednotlivé činnosti se vztahují k jednotlivým recepturám, bez kterých by dávka nešla vyrobit. Spíše se tedy používá slovní spojení procedura receptury, ve většině případů se používá pouze zkráceně jako procedura. [21]



Obr. 5-3: Procedurální model a ukázka výroby džusu [1]

Procedura – jedná se o nejvyšší úroveň v hierarchii. Doménou procedury je procesní buňka. Definuje strategii pro uskutečňování hlavní procesní akce jako je vytváření dávky. [1]

Procedura jednotky – se skládá z uspořádané množiny operací, které v jednotce uskutečňují požadovaný výrobní proces. [21]

Operace – definuje rozsáhlejší sekvenci v procesu, která obvykle převádí zpracovávané látky z jednoho stavu do druhého, včetně fyzikálních, chemických nebo mechanických změn. [22]

Fáze – je nejmenší prvek procedurálního modelu, který může obsahovat jeden i několik řídicích příkazů nebo akcí. Fáze realizuje daný procesně orientovaný úkol. [22]

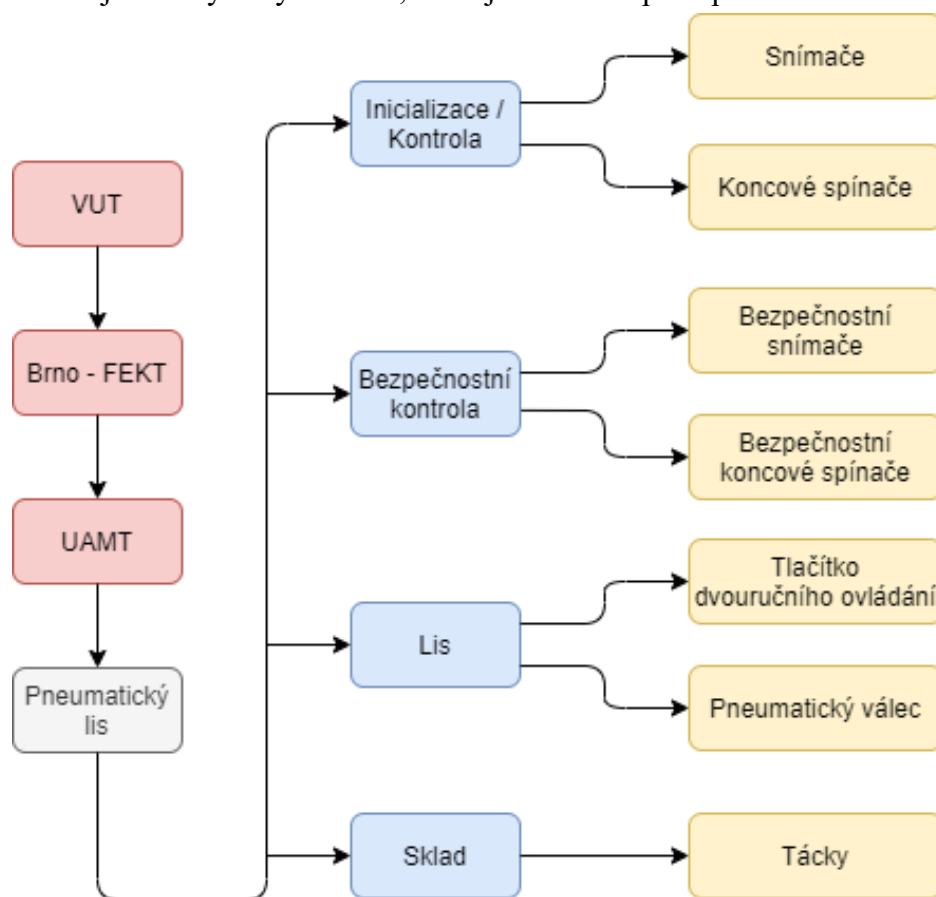
## 5.2 Návrh dávkového řízení

Před samotným vytvářením aplikace pro pneumatický lis bylo potřeba dávkové řízení navrhnout. K tomu byl vytvořen fyzický a procedurální model tohoto zařízení, tyto modely tvořily základ, který byl využit při samotné realizaci aplikace pro batch control.

### 5.2.1 Fyzický model

Prvním modelem je fyzický model, který popisuje fyzickou realizaci pneumatického lisu (obr. 5-4). Celé zařízení spadá do podniku VUT, blíže pak do závodu Brno – FEKT, v tomto závodě se jedná o provozní úsek, tímto úsekem je ústav UAMT. Z pohledu tohoto modelu je pneumatický lis procesní buňkou, která se dělí na čtyři jednotky, které se skládají z jednotlivých modulů zařízení. Základní jednotky procesní buňky jsou: Inicializace/Kontrola, Bezpečnostní kontrola, Lis a Sklad.

První jednotka zajišťuje inicializaci celého zařízení a následné kontroly v lisu, dále následuje jednotka bezpečnostní kontrola, která zahrnuje veškeré safety komponenty a pomocí nich provádí bezpečnostní kontrolu. Po provedených kontrolách následuje jednotka lis, do které spadají veškeré potřebné lisovací komponenty. Poslední jednotka sklad uskládá zásoby čistých tácků, které jsou do lisu postupně ze skladu vkládány.

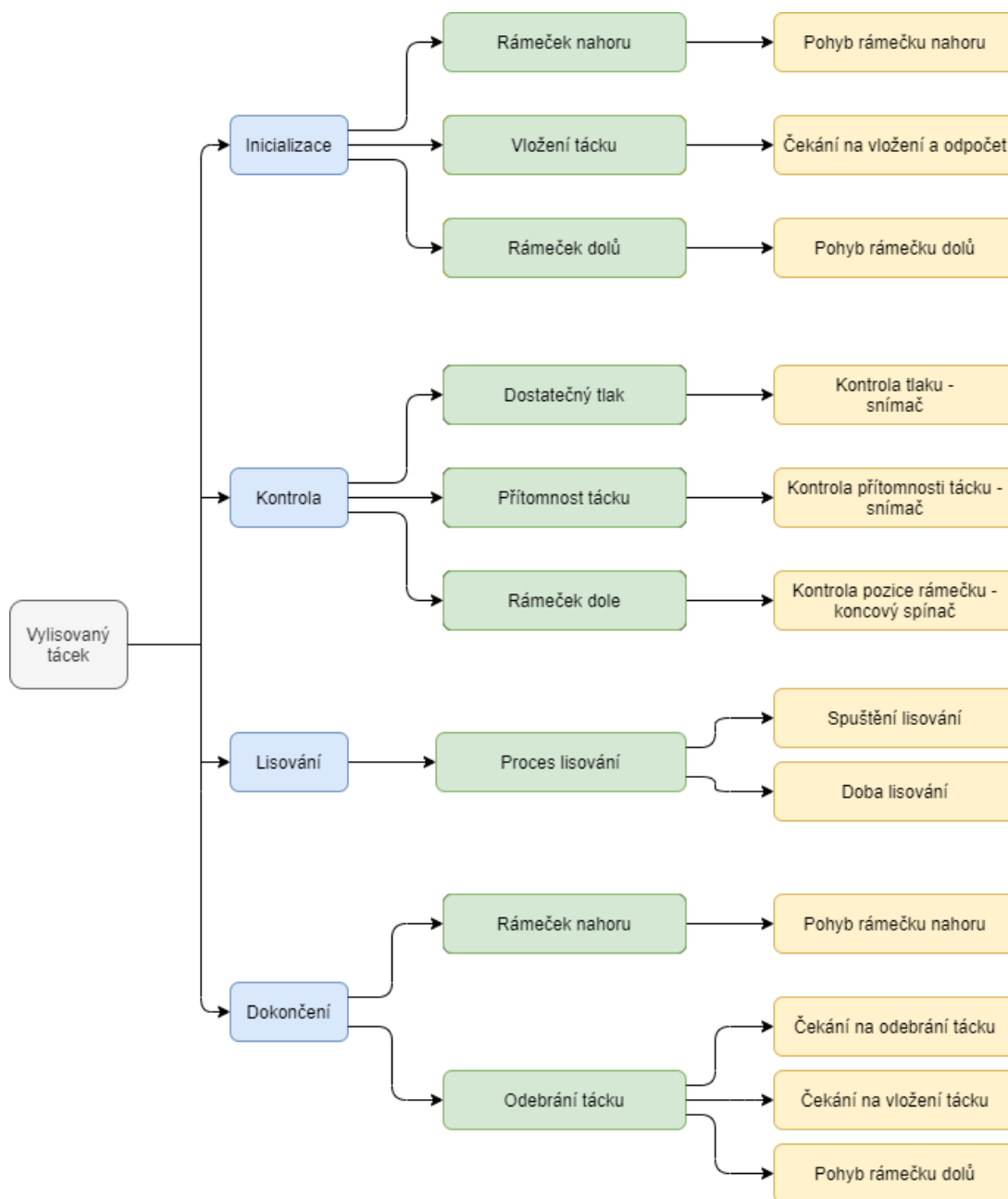


Obr. 5-4: Fyzický model – pneumatického lisu

### 5.2.2 Procedurální model

Druhým vytvořeným modelem je procedurální model, ten popisuje hierarchické uspořádání jednotlivých kroků a činností, které je potřeba provést k jedné nebo více dávek. V případě pneumatického lisu je výslednou dávkou vylisovaný tácek, který je odebrán obsluhou a předán k připravenému drinku.

Model se skládá ze čtyř procedur jednotek (obr. 5-5), které se pak dále dělí na devět operací a ty dále na dvanáct fází. Jednotlivé části tohoto modelu jsou zobrazeny na následujícím obrázku, kde jednotky jsou vyznačeny modrou, operace zelenou a fáze oranžovou barvou.



Obr. 5-5: Procedurální model – pneumatického lisu

## 5.3 Zdrojové kódy

Před samotnou realizací jednotlivých fází pro batch control lisu bylo potřeba provést drobné úpravy ve stávajícím kódu. Následně si připravit stavový automat samotného kódu pro lisování, který byl následně do jednotlivých fází rozdělen. Na základě stavového automatu vytvořit testovací kód, který sloužil pro potřeby vývoje a testování.

### 5.3.1 Stávající zdrojové kódy

Z předchozí práce byly převzaty dva zdrojové kódy pro zařízení lis, a to kód pro safety PLC SmartGuard 600 a kód pro PLC ControlLogix. První kód zajišťuje samotný proces lisování a k tomu využívá jednotlivých bezpečnostních komponentů, pomocí kterých zaručuje bezpečnost celého lisu. Druhý kód sloužil pro zprostředkování vizualizace pro HMI panel a možnosti nastavení tlaku lisování.

Ve zdrojovém kódu, který běží na SmartGuardu, bylo potřeba přidat několik tagů, pomocí kterých se spouští automatický mód lisování. Jedná se převážně o zařazení vstupů, které jsou do výstupního řetězce zapojeny přes logická hradla OR. Díky tomuto kroku je možné potřebné výstupy ovládat buď manuálně, a to pomocí tlačítek a dvouručního ovládání. Automatické ovládání pak pomocí logických jedniček, které jsou vyslány z karty digitálních výstupů z ControlLogixu, a ty přivedeny na potřebné vstupy SmartGuardu.

Dále byly pozměněny signalizační funkcionality, které se původně skládaly pouze ze zelené a červené barvy na signalizačním majáku. Byla připojena také oranžová barva, na kterou byla přenesena signalizace chodu základních úkonů lisu. Zelená barva nyní signalizuje spuštění a pohyb lisovacího válce. Červená barva byla vyhrazena pouze na signalizaci stlačeného tlačítka nouzového zastavení, a tudíž odstavení celého stroje.

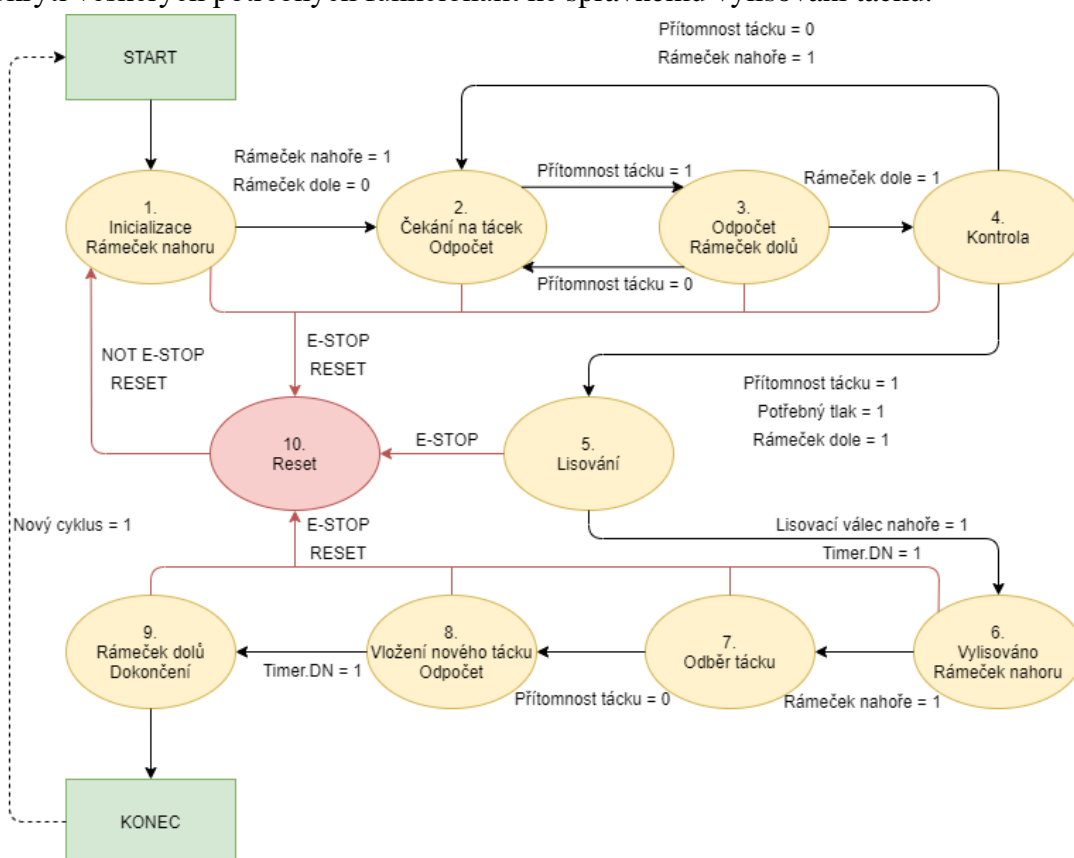
Ve zdrojovém kódu pro vizualizaci nebyly provedeny žádné zásadní změny, které by ovlivňovaly chod nebo funkčnost původní vizualizace. Pouze do potřebných příček byl přidán spouštěcí bit, který v automatickém módu nahrazuje manuální stlačení obouručního ovládání. Dále byla pozměněna defaultní hodnota lisovacího tlaku, ta byla v defaultním nastavení nastavena na předvyplněnou tabulku ve vizualizaci. Takle možnost byla ponechána, je však potřeba možnost čtení hodnot z tabulky zvolit na panelu. Pro jednodušší testování a rychlejší průběh procesu lisování byl lisovací tlak permanentně nastaven na 4 bary.

Po následném zjištění skrze vzniklé problémy bylo potřeba ještě přejmenovat některé tagy, které nesly stejné názvy. Veškeré tagy v projektu byly tedy zkontrolovány a potřebné názvy uvolněny. Následně proběhla rychlá kontrola funkčnosti původního zdrojového kódu.

### 5.3.2 Stavový automat testovacího kódu

Před samotnou realizací dávkového řízení bylo potřeba si proces rozčlenit na jednotlivé stavy. Vytvořené stavy následně uspořádat do stavového automatu, který byl výchozím bodem pro následující práci. Tento stavový automat byl pak ve Studiu 5000 naprogramován pomocí programovacího jazyka ST. Následně pomocí tohoto zdrojového kódu byl proces testován a vylepšován. Na základě testování bylo nalezeno mnoho problémů a nežádoucích stavů, které byly následně odstraněny.

Po vytvoření a doladění procedurálního modelu byl na základě jednotlivých fází navržen stavový automat. Tento stavový automat byl základem pro vytvoření programu, který umožňuje automatický režim lisování neboli lisovací sekvenci. Na obrázku 5-6 je možno vidět, že se stavový automat skládá z deseti základních stavů, které zaručují pokrytí veškerých potřebných funkcionalit ke správnému vylisování táčku.



Obr. 5-6: Stavový automat

Prvních devět stavů, které jsou vyznačeny oranžovou barvou, představuje základní kroky sekvence lisování, jak již bylo zmíněno, tyhle stavy odpovídají jednotlivým fázím z procedurálního modelu. Desátý stav nazvaný Reset, který je vyznačen červenou barvou, představuje určitý mezikrok, pomocí kterého se dá v případě problému zařízení odstavit a dostat se do prvního stavu, odkud se bezpečně dá lisovací sekvence spustit znovu. Do stavu se dá přejít ze všech stavů, kromě stavu lisování, ze stavu lisování lze přejít pouze stlačením tlačítka nouzového zastavení.

### 5.3.3 Testovací kód

Testovací kód byl vytvořen v projektu pneumatického lisu jako samotný program v MainTasku.

Pro potřeby tohoto stavového automatu vznikla proměnná Stav, která nabývá hodnot 0–10. Nultý stav slouží jako výchozí úsek, ze kterého lze přejít do prvního stavu pomocí fyzického tlačítka, které bylo připojeno k digitální vstupní kartě. Tenhle přechod je také podmíněn klidovým režimem lisu neboli manuálním režimem. Pokud tedy není aktivní dávkové řízení nebo již spuštěný lisovací proces, je aktivní právě manuální režim. Při aktivním manuálním režimu a stlačení tlačítka se spustí sekvence devíti stavů. Mezi jednotlivými stavy se sekvence posunuje postupně na základě splněných podmínek.

Hlavní část celého programu je tvořena pomocí podmínek IF, ve kterých se testuje, jakou hodnotu má aktuálně proměnná Stav a který stav má být tedy spuštěn. Každý stav je pak tvořen jednoduchými úkony, které vedou ke splnění podmínek na přechod do dalšího stavu. Pro lepší orientaci v kódu je každý stav kromě označení číslem také popsán pomocí poznámky, která je umístěna řádek nad příslušným stavem. Testování stisknutí tlačítka nouzového zastavení nebo tlačítka Reset probíhá v každém cyklu.

Jak bylo již zmíněno, do desátého stavu lze přejít v jakémkoli okamžiku sekvence, a to pomocí fyzických tlačítek používaných v manuálním režimu. Konkrétně se jedná o tlačítko Reset a Nouzové zastavení. Ze stavu pět neboli lisování lze proces zastavit pouze stlačení tlačítka Nouzového zastavení, a to z důvodu potřeby zastavit lisovací válec. Ze stavu reset se přechází pomocí odaretování tlačítka Nouzového zastavení a následného stisknutí tlačítka Reset.

Taktéž se v kódu nachází region timery, ve kterém se nachází úsek s vytvořením jednotlivých časovačů a nastavení jejich preset hodnot. Časovač tlačítka je používán k simulaci stisknutí fyzického tlačítka např. pro pohyb rámečků dolů. Z důvodu simulování stisku fyzického tlačítka je potřeba vyslat krátce log. 1. Byla využita funkce one shot, ta ale byla bohužel příliš rychlá, tudíž log. 1 byla na vstupu druhého PLC velmi krátce. Bohužel automat SmartGuard nestihl na log. 1 zareagovat, proto je na simulaci stlačení využit časovač, který čítá do 500 ms. Tahle doba stačí na aktivaci potřebného vstupního pinu a s ním spojeného pohybu rámečku. Další časovač nastavuje dobu spuštění pneumatického válce, tedy dobu lisování. Poslední dva časovače se využívají k odpočtu vkládání nebo odebírání táčku z lisu a následný pohyb rámečku.

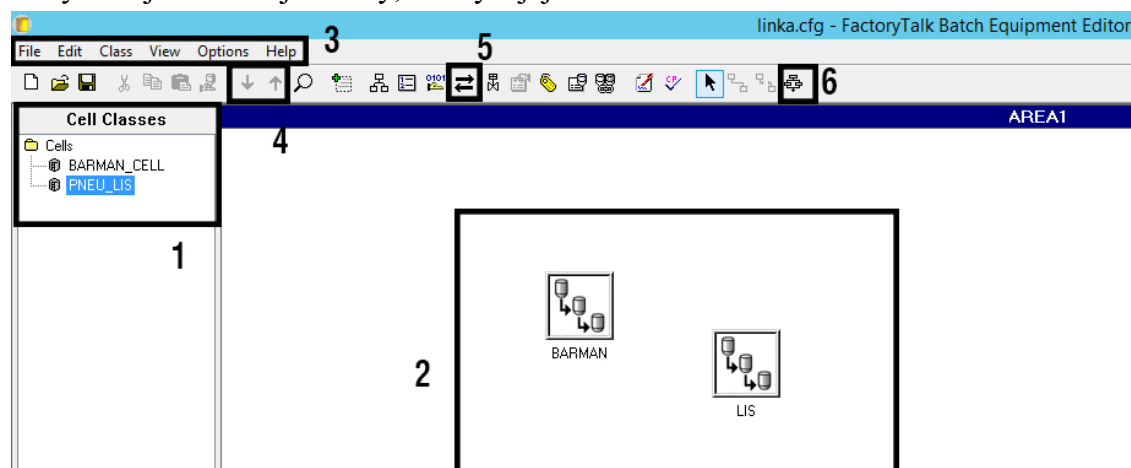
Pro signalizaci spuštění této sekvence slouží další region, ve kterém se rozhoduje, zda tento stavový automat běží. Pokud je Stav = 0, program hlásí, že stavový automat neběží a nastavuje příslušný bit do log. 1. Příslušný bit se vyhodnocuje v dalším programu, který je nazván režim. V tomto programu dochází k vyhodnocení aktuálního režimu lisu. Manuální režim je nastaven jako defaultní při neaktivním dávkovém řízení nebo automatickým režimem. Po spuštění automatické sekvence tlačítkem dojde k přepnutí do automatického režimu a vyblokování dávkového a manuálního řízení.

## 5.4 Realizace dávkového řízení

K realizaci dávkového řízení byly vybrány a použity následující programy z balíčku FactoryTalk Software: Batch Equipment Editor, Batch Recipe a Batch View. V následující části je popsáno, jak byly jednotlivé programy použity a nakonfigurovány.

### 5.4.1 FactoryTalk Batch Equipment Editor

V tomto softwaru se vytváří virtuální fyzický model jednotlivých zařízení. Při tvorbě se vychází z navrženého fyzického modelu, který byl popsán v kap. 5.2.1. Pomocí softwaru se vytvoří jednotlivé jednotky, buňky a jejich fáze.

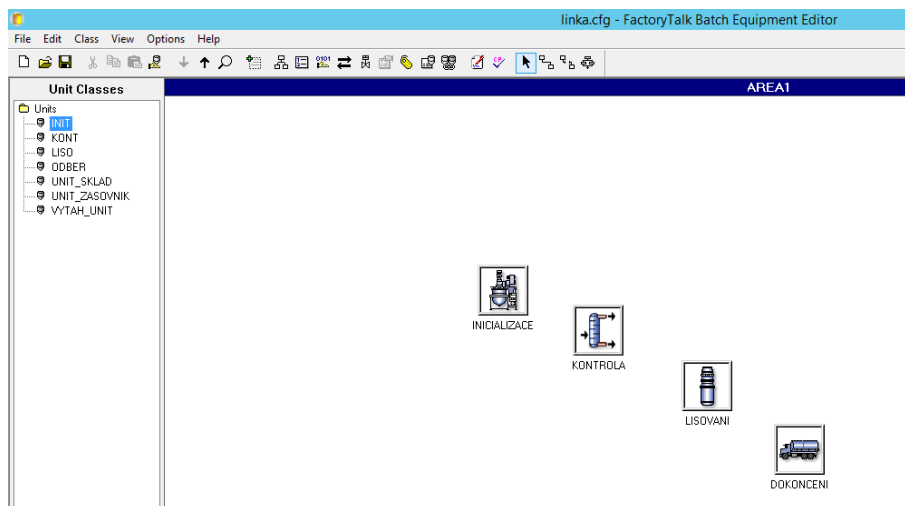


Obr. 5-7: FT Batch Equipment Editor – tvorba modelu

Na obrázku 5-7 byly vyznačeny nejdůležitější části softwaru, které budou potřeba pro správné nakonfigurování a použití tohoto programu. Číslo 1 značí místo, kde se nachází seznam s jednotlivými jednotkami, buňkami a fázemi, které byly vytvořeny v jednotlivých úrovních programu. Dále je vyznačena pracovní část listu, kam se vkládají právě vytvořené objekty. Číslo 3 zobrazuje místo s hlavním menu. Následující čísla 4, 5 a 6 odkazují na funkce přecházení mezi jednotlivými úrovněmi modelu, synchronizace s projektem Studia 5000 a spuštění program FT Batch Recipe, který bude popsán v následující podkapitole.

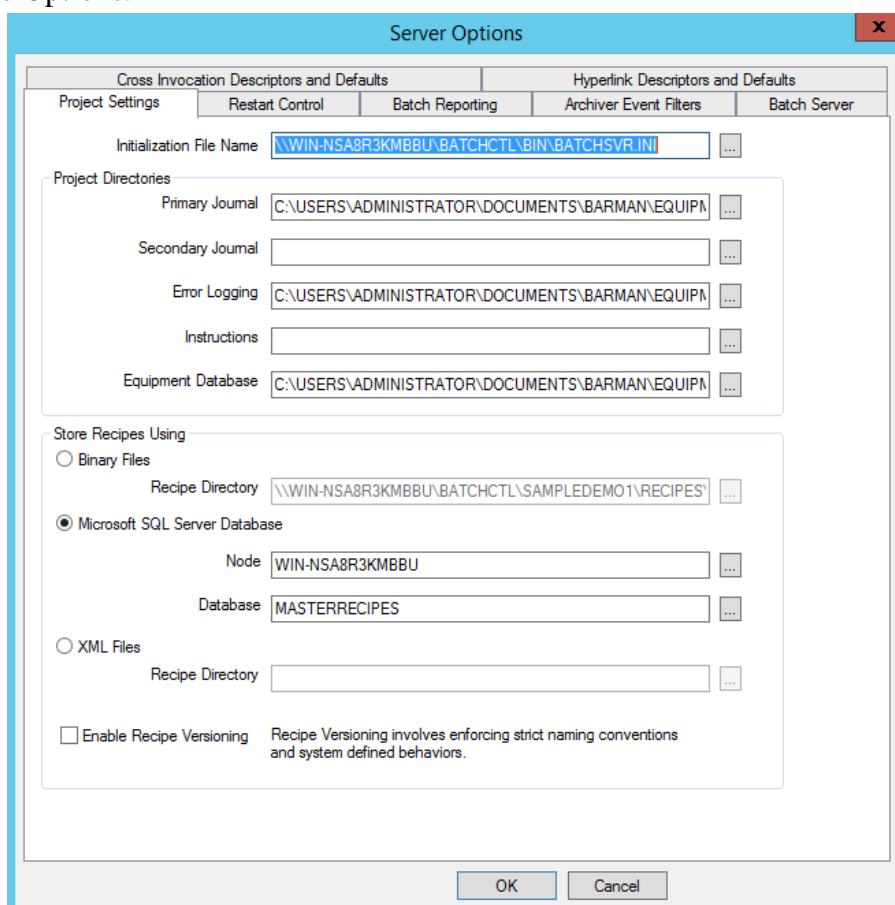
Vytvořením nové konfigurace se otevře nová bílá stránka s názvem AREA1. V levé části okna se nachází seznam jednotek. Nové jednotky lze přidávat kliknutím pravým tlačítkem na Cells a následně New. Po vytvoření všech potřebných jednotek se všechny umístí do listu pouhým přetažením. Po rozkliknutí jednotky se provede přesun o úroveň níž a stejným postupem lze vytvářet buňky, které náleží dané jednotce. Po vytvoření a umístění všech buněk do listu (obr. 5-8) se prokliknutím na buňku provede přesun na další úroveň k jednotlivým fázím. Fáze se opět tvoří stejným postupem a následným vložením do listu dokončíme tvorbu fyzického modelu zařízení.





Obr. 5-8: Vytvoření jednotlivých buněk – pneumatického lisu

Po vytvoření virtuálního fyzického modelu je potřeba vytvořenou konfiguraci uložit, nejlépe do stejné složky, kde se nachází projekt aplikace pro PLC. Následně je potřeba nastavit všechny cesty ke konfiguračním souborům, projektům a potřebné databázi. Tohle nastavení se provede v okně Server Options (obr. 5-9), které lze vyvolat z hlavního menu v položce Options.



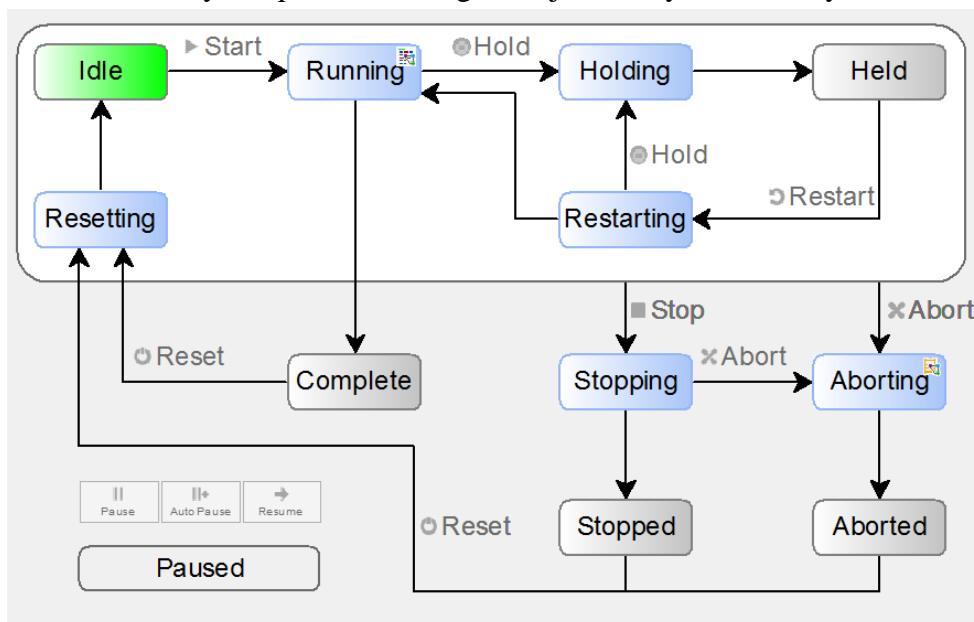
Obr. 5-9: Nastavení jednotlivých potřebných cest

Dále je potřeba v položce Edit vyvolat okno Data Server, ve kterém je nutné jednotlivým jednotkám přiřadit cestu k odpovídajícímu projektu pro PLC. Následně dojde k provázání jednotky a projektu, které je velmi důležité ke správné synchronizaci fází a jejich následné funkčnosti.

Nastavením jednotlivých cest provedením všech kroků je potřeba konfiguraci uložit a pro jistotu ukončit program FT Batch Equipment Editor a opět jej spustit. Pokud bylo vše provedeno podle popsaných kroků a jednotlivé cesty k potřebným souborům odpovídají skutečnosti, je možné provést synchronizaci s projektem a díky tomu do projektu pro PLC správně naimportovat navržené a vytvořené fáze z programu Batch Equipment Editor. Před synchronizací je nutné se ujistit, že je správně nastaven data server. Mohlo by dojít k naimportování fází do projektu jiné jednotky.

Otevřením příslušného projektu ve Studiu 5000 lze zkontrolovat provedený import fází a následně jednotlivým fázím vytvořit stavy, ve kterých bude naprogramována potřebná funkcionální každé fáze. Pro správné dokončení fáze musí být v programu použita instrukce PSC, která signalizuje dokončení fáze, za určitých podmínek. Další důležitou a potřebnou instrukcí je PFL, pomocí které lze systému vracet číslo vzniklé chyby a zajistit přesun fáze do stavu Aborted.

Ve vývojovém systému Studio 5000 je implementován stavový automat (obr. 5-10), který lze použít k vytvoření jednotlivých stavů pro každou fázi. Pro potřeby linky byly využity pouze dva stavy z tohoto stavového automatu. Tyhle dva stavy plně pokryly potřebné funkcionality ke správnému fungování jednotlivých fází linky.



Obr. 5-10: Stavový automat pro vykonávání fáze

Na obrázku 5-10 lze vidět již zmíněný stavový automat, zeleně vybarvený stav ukazuje aktuální stav fáze. U stavu Running a Aborting lze vidět značku v pravém horním rohu. Tahle značka naznačuje, že právě tyto dva stavy jsou vytvořeny, naprogramovány

a jsou využívány k provedení příslušné fáze. Tyto stavy byly použity u všech navržených a následně importovaných fází do projektu.

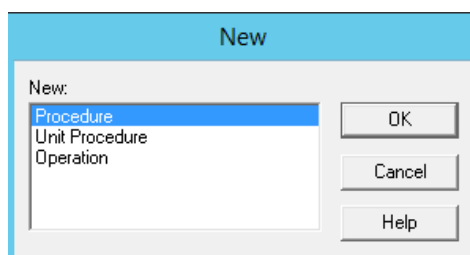
Jak bylo popsáno v kap. 5.3.3, funkcionalita lisu byla již vytvořena a doladěna na testovacím kódu. Po vytvoření stavu Running ve všech fázích byl do těchto stavů kód přesunut právě z testovacího kódu. Byly provedeny pouze drobné úpravy tak, aby byla dodržena potřebná návaznost a obsah jednotlivých fází. Dále byly ošetřeny chyby, které mohou při vykonávání fáze nastat. Tyto chyby provedou přechod do stavu Aborted a odešlou číslo, které je zpracováno v dávkovém řízení.

Dokončením všech předchozích popsaných kroků byl tedy vytvořen model včetně jednotlivých fází a se správným nastavením byla provedena synchronizace fází do projektu. Následně byly fáze naprogramovány pomocí dříve vytvořeného testovacího kódu. Vše bylo tedy připraveno k tomu z jednotlivých fází vytvořit receptury, které pak tvoří správnou posloupnost jednotlivých fází. Pomocí jednotlivých fází lze tedy tvořit receptury, které pak představují dávku výrobního procesu. K vytvoření receptur byl použit program FT Batch Recipe, který lze spustit pomocí ikonky v programu FT Batch Equipment Editor. Tato funkce byla vyznačena na obr. 5-6 pod číslem 6.

#### 5.4.2 FactoryTalk Batch Recipe

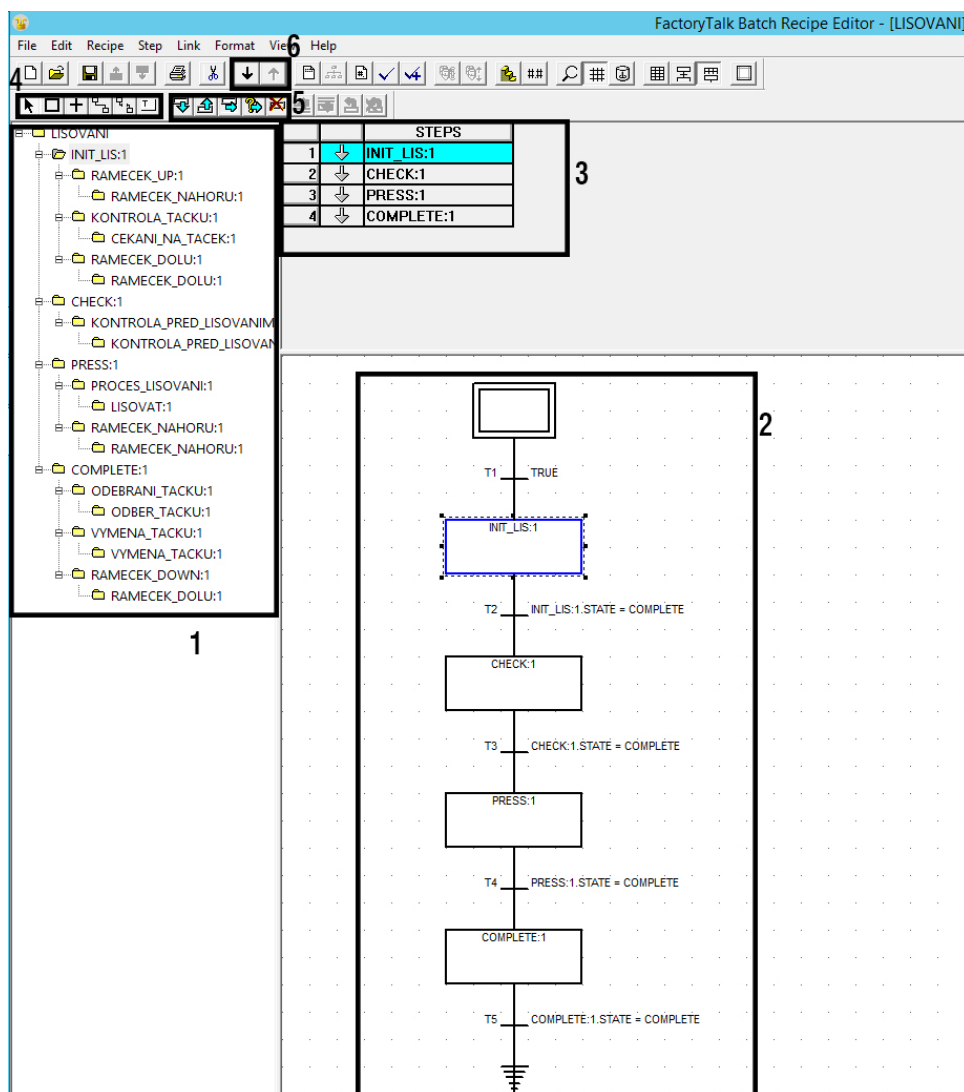
Program FT Batch Recipe slouží k vytváření receptur, které se skládají ze tří hlavních úrovní:

- Procedura – nejvyšší úroveň receptury, skládá se z jednotlivých procedur jednotky, představuje celou spouštěcí recepturu dávky.
- Procedura jednotky – skládá se z jednotlivých operací, které jsou spojeny s příslušnou jednotkou, představuje recepturu dané jednotky.
- Operace – pracuje s jednotlivými fázemi, které byly vytvořeny a nainportovány do projektu ve Studiu 5000, představuje jednotlivé části receptury jednotky.
  - Fáze – spojují operaci s jednotlivými fázemi, představují jednotlivé kroky operace.



Obr. 5-11: Vytvoření nové úrovně receptury

Software Batch Recipe lze spustit z programu FT Batch Equipment Editor se spuštěným projektem obsahujícím příslušné fáze (zaručení lepšího propojení projektu s recepturou). Při vytváření nové receptury je nejlepší vytvořit proceduru a postupovat směrem dolů v jednotlivých úrovních až po příslušnou fázi, kterou nazveme stejným názvem jako fázi v projektu Studia 5000.

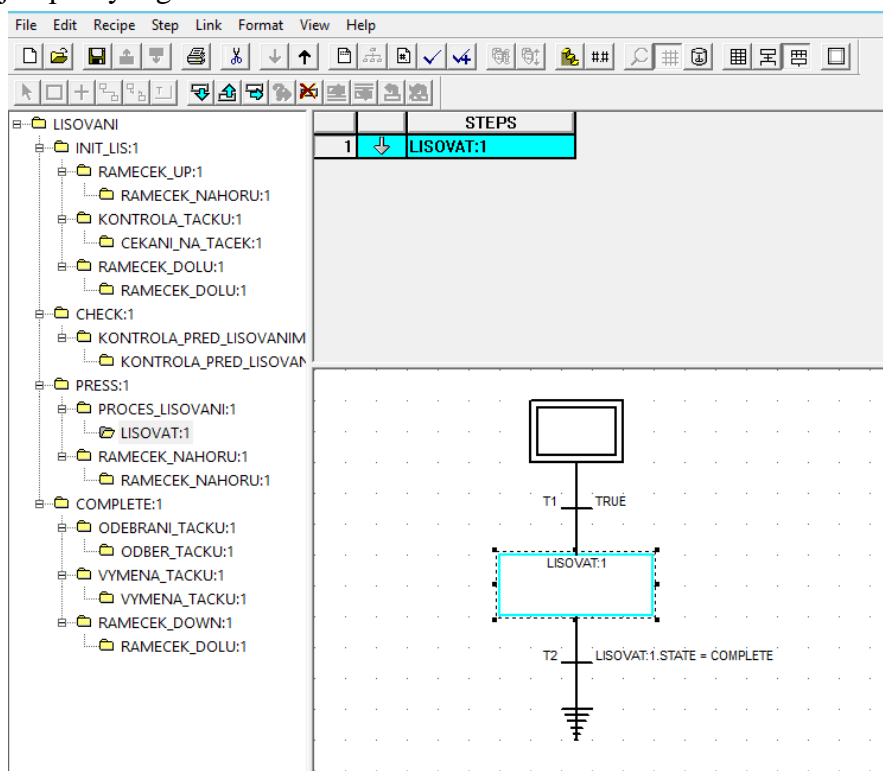


Obr. 5-12: Procedura Lisování

Obrázek 5-12 zobrazuje proceduru Lisování, v levém sloupci lze vidět seznam jednotlivých částí receptury. V pracovní ploše je znázorněno grafické zobrazení receptury, přechody jednotlivých procedur jednotek, které jsou podmíněny dokončením předchozí. Pod hlavním menu jsou ikonky jednotlivých funkcí a nástrojů. Číslo 4 ukazuje nástroje pro ruční tvoření grafického modelu receptury, vkládání dalších kroků a odboček. Poslední rámeček s číslem 6 ukazuje funkce, které slouží pro přepínání mezi úrovněmi receptury.

Důležitým krokem ve vytváření receptury je nastavení hlavičky. Tohle nastavení lze provést v položce Header, která se nachází v záložce Recipe v hlavním menu. V okně Header je pak možné nastavit a vyplnit potřebné informace, které by receptura měla obsahovat. Také se zde nachází zaškrtnávací pole s názvem Release Recipe as Step a Release Recipe to Production. První možnost povoluje recepturu použít v receptuře vyššího typu. Druhá možnost povoluje recepturu k produkci, to umožní zobrazení receptury v Batch View. Bez zaškrtnutí této možnosti by nebylo možné následně recepturu spouštět.

Po vytvoření celé receptury a vyplnění hlavičky je potřeba veškeré receptury verifikovat. V hlavním menu v položce File lze vyvolat okno Verify All Recipes, ve kterém vyznačíme receptury a spustíme samotnou verifikaci. V případě chyb program upozorní na nesrovnalosti, které musí být odstraněny. Nejčastěji upozorní na opomenutí propojení operace s fází pomocí stejného názvu jako v projektu pro PLC nebo na absenci některé z přecházejících podmínek. Také je potřeba dávat si pozor na přerušené čáry nebo na chybějící prvky v grafickém modelu.

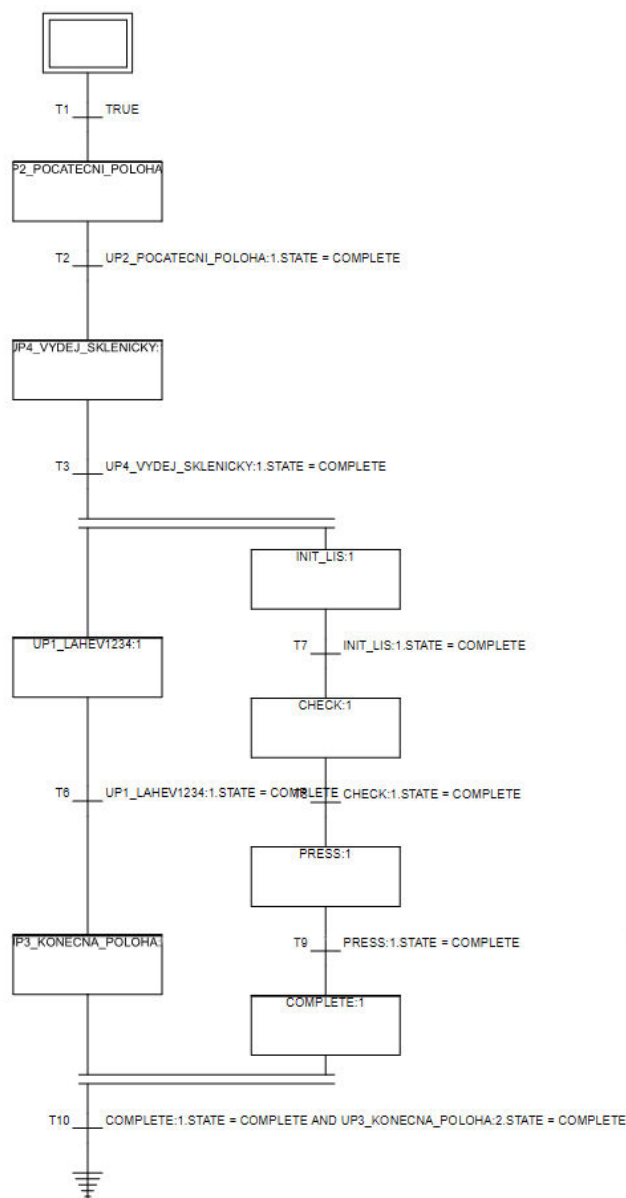


Obr. 5-13: Propojení operace s fází

Na obrázku 5-13 lze vidět otevřenou proceduru Lisování. Celá procedura se skládá ze čtyř procedur jednotek a to INIT\_LIS, CHECK, PRESS a COMPLETE. Každá procedura jednotky se skládá z jednotlivých operací. V operacích pak dochází k navázání fází, které jsou v projektu Studia 5000.

Po dokončení celé receptury byla provedena verifikace a vše řádně uloženo. Následovalo vyzkoušení funkčnosti pomocí programu Batch View (dále kap. 5.4.3). Vyzkoušením receptury bylo ověřeno správné propojení všech tří programů a spuštěná receptura provedla na fyzickém zařízení výrobu požadované dávky a potvrdila funkčnost celého lisování.

Následovalo vytvoření receptury pro celou linku. Pro tuto recepturu byly využity již vytvořené receptury pro jednotlivá zařízení. Procedura Lisování byla tedy postupně vložena do procedury vytvoření drinku. Na následujícím obrázku lze vidět celou proceduru linky, která vyrobí požadovaný drink a vylisuje k němu tácek.



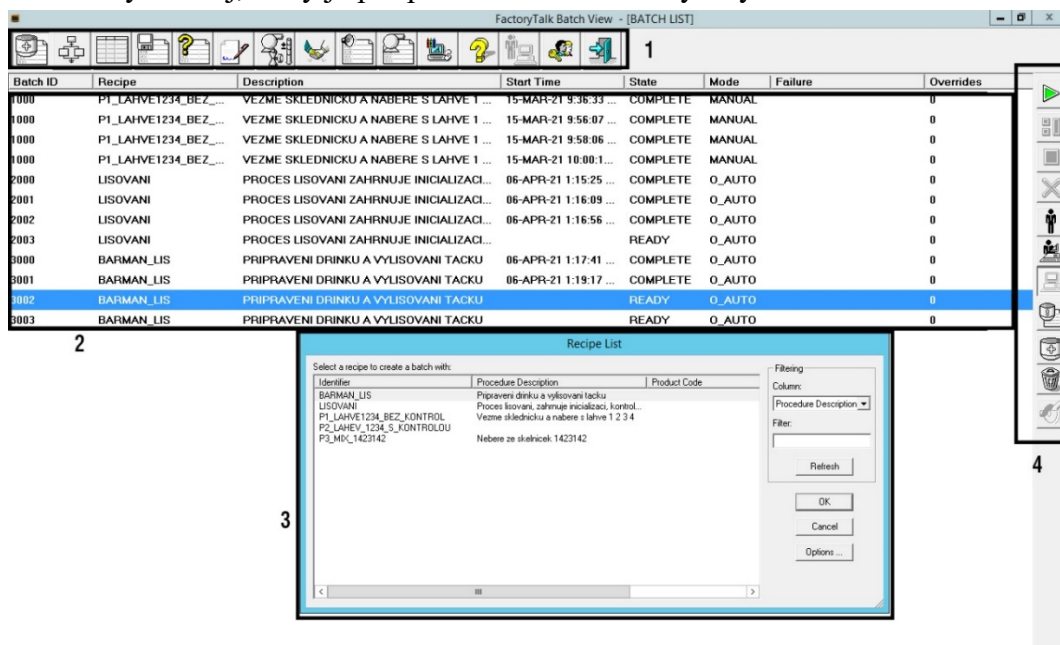
Obr. 5-14: Procedura pro vytvoření drinku a vylisování táčku

Celá procedura se skládá z osmi procedur jednotek. Pro spojení procedur barmana a lisu byla použita paralelní odbočka. Po pár zkušebních výrobách dávek byl změřen čas výroby dávky. Na základě změřené doby bylo dopočteno, kdy je potřeba spustit lisování táčku tak, aby výroba drinku a lisování skončily s nejmenším časovým rozdílem. Z procedury lze vidět, že spuštění lisování proběhne po vydání skleničky ze zásobníku. Od podmínky T3 tedy probíhají paralelně procesy dávkování nebo odebírání či čepování nápojů z lahví do sklenice a lisování táčku. Podmínka T10 čeká na ukončení obou procesů a následně korektně ukončí celou proceduru linky.

Následně byla receptura vyplněna hlavička a provedena verifikace, která proběhla bez chyb. Uložení receptury byla tedy dokončena potřebná práce v programu FT Batch Recipe, a tím umožněno pokračovat dál programem FT Batch View.

### 5.4.3 FactoryTalk Batch View

Posledním z použití trojice FT Batch je program View. Tohle prostředí umožňuje vkládání námi vytvořených a verifikovaných receptur do výrobní fronty. Jedná se o uživatelský nástroj, který je přizpůsoben k ovládání výroby obsluhou.



Obr. 5-15: FT Batch View a okno pro přidání nové receptury do fronty

Na obrázku 5-15 je vidět pohled na program View, dělí se na tři hlavní části, které jsou vyznačeny čísly 1, 2 a 4. Jedná se o hlavní menu programu, seznam jednotlivých dávek (někdy nazýván jako fronta) a podrobnosti o každé dávce. Poslední částí je operátorský panel, ve kterém se nachází nástroje k přidávání nových dávek, spouštění, mazání apod.

Přidání nové receptury do fronty lze provést pomocí ikonky tanku se znakem plus, která se nachází v operátorském panelu. Po kliknutí se vyvolá okno Recipe List (číslo 3), ve kterém se načtou všechny dostupné recepty. Výběrem receptury a potvrzením jejího výběru do seznamu dávek se vyvolá další okno, ve kterém lze nastavit podrobnosti dávky.

Spuštění dávky lze provést označením příslušné dávky v seznamu a kliknutím na ikonku start, která se taktéž nachází v operátorském panelu na prvním místě. Ve sloupečku State lze pozorovat aktuální stav každé dávky.

Lze také detekovat a zobrazovat vzniklé chyby, které nastaly na úrovni logiky fáze. K tomu je potřeba vytvořit seznam chyb v programu Equipment Editor v položce Edit Enumerations v okně Phase Faultude. Zde lze vytvořit jednotlivé chyby a jejich popis. Chybám také přiřadit kód, který tuto chybu reprezentuje. V programové části fáze (ve Studiu 5000) pak instrukci PFL zadáme daný kód. Při vzniku příslušné chyby instrukce PFL odešle kód do programu Equipment Editor. Tam se kód spojí s chybou a jejím popisem a následně zobrazí chybu v programu View. Díky tomu operátor snadno zjistí, proč byla dávka ukončena a s jakou chybou.



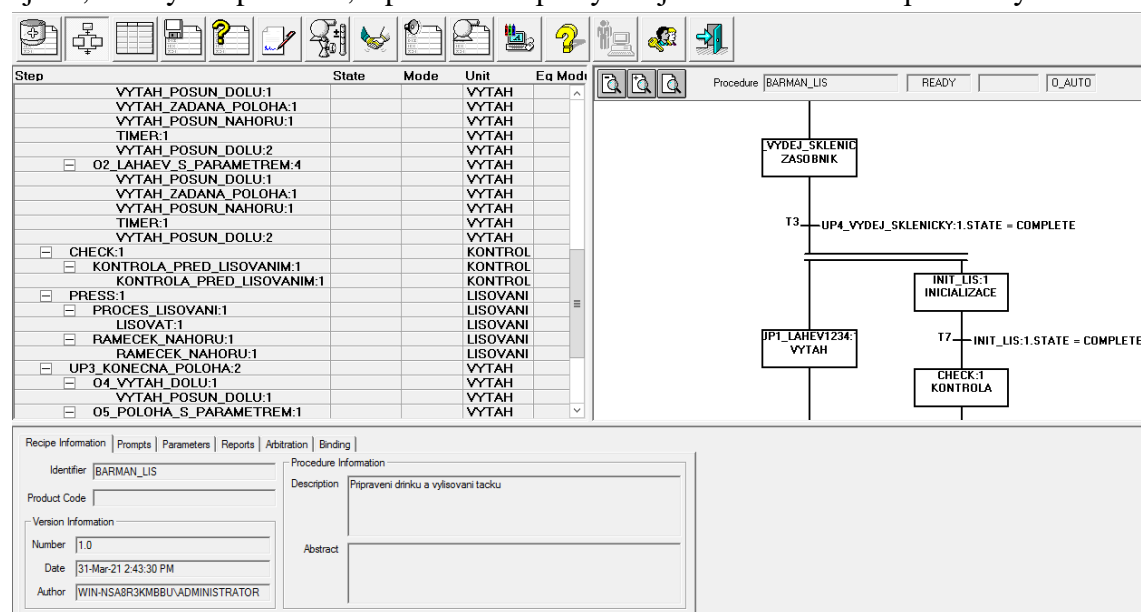
U spuštění dávky lze přepnout z hlavní obrazovky na tzv. „strom“ (jedná se o druhou ikonu v hlavním menu). Otevře se obrazovka, která se skládá ze tří částí (obr. 5-16).

První část obrazovky zobrazuje všechny části receptury od procedury až po jednotlivé fáze.

Druhá část zobrazuje grafický pohled na celou proceduru vybrané dávky. Prokliknutím na jednotlivé procedury jednotky se dá zobrazit také grafické zobrazení nižších úrovní.

Poslední část, která se nachází ve spodní části obrazovky, popisuje podrobnosti vybrané dávky. Tato část se dělí na dalších šest oken, ve kterých jsou příslušné informace. Na obrázku lze vidět okno Recipe Information, které obsahuje např. název, číslo, datum a jméno obsluhy, která dávku vytvořila. Také je zde k zobrazení popis procedury a její abstrakt, pokud byly vyplněny při tvorbě v programu Batch Recipe.

Při sledování průběhu spuštění dávky se aktuální prováděný krok vyznačuje zeleným zvýraznění názvu kroku. V případě poruchy bude vyznačen červenou barvou a výroba bude ukončena. V obrazovce však zůstane barevné vyznačení, a tak se jednoduše obsluha prokliká strukturou až do místa, kde chyba vznikla. Díky tomu je pro obsluhu snadnější zjistit, co chybu způsobilo, a pomoci tak při rychlejší identifikaci a nápravě chyb.



Obr. 5-16: Okno se strukturou dávky

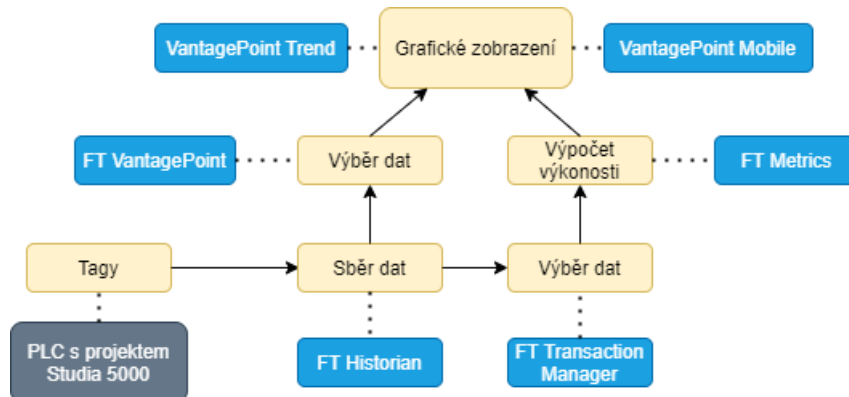
Práva používání funkcí a ovládání tohoto nástroje se dají řešit pomocí jednotlivých účtů. Každé obsluze lze vytvořit samostatný účet, který bude mít vypovídající informace o dané obsluze. U každé vytvořené dávky bude informace obsluhy, která ji vytvořila a následně ovládala. Vytvoření a nastavení účtů se provede v okně, které lze vyvolat předposlední ikonkou v hlavním menu.

Ze seznamu dávek lze vytvářet reporty, které využije management podniku. Vytvořené reporty můžou sloužit např. k analýze počtu vytvořených a následně korektně vyrobených dávek, ale také třeba k vyhodnocení produktivity jednotlivých obsluh.



## 6. IMPLEMENTACE STANDARDU ISA-95

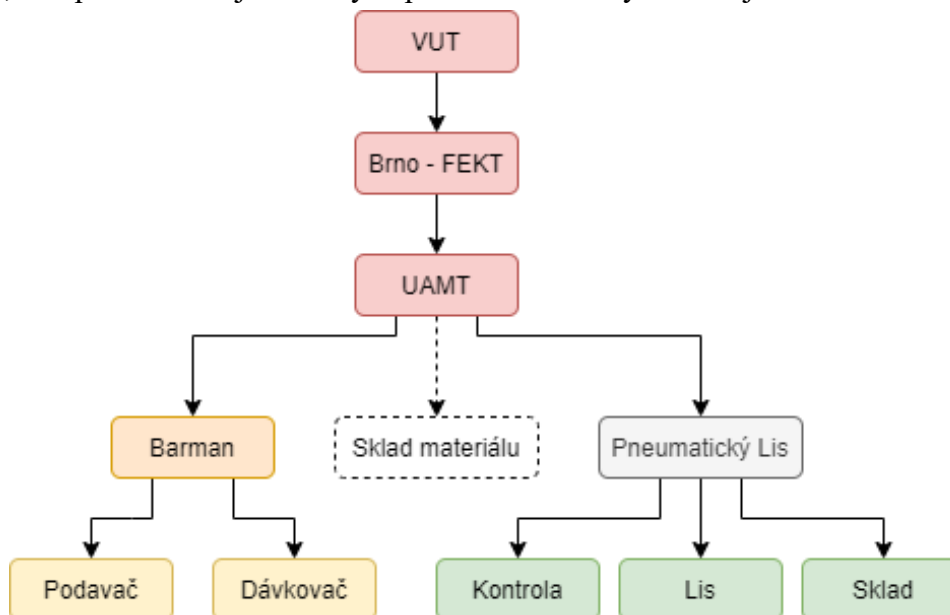
Kapitola popisuje návrh a aplikování prvků standardu ISA-95 na vytvořenou výrobní linku. V první části je stručně popsán návrh modelu hierarchie zařízení. Dále jsou zde popsána jednotlivá prostředí softwarových prostředků a jejich konfigurace a následné aplikování v závěrečné práci. Při aplikování standardu S95 byly použity podklady vycházející z cit. [23–28]. Obrázek 6-1 zobrazuje provázanost všech použitých softwarů a jejich operace s daty (tečkované propojení), dále také samotný tok dat (plné propojení).



Obr. 6-1: Provázanost použitých softwarů a tok dat

### 6.1 Návrh modelu hierarchie zařízení

Při návrhu modelu bylo využito fyzických modelů, které byly vytvořeny v návrhu dávkového řízení jednotlivých zařízení viz. obr. 5-4. Fyzické modely tvořily základ hierarchického modelu a větší část modelu byla převzata. Ke změně došlo až v dolní úrovni, a to při navržení jednotlivých pracovišť obou výrobních jednotek.



Obr. 6-2: Model hierarchie zařízení

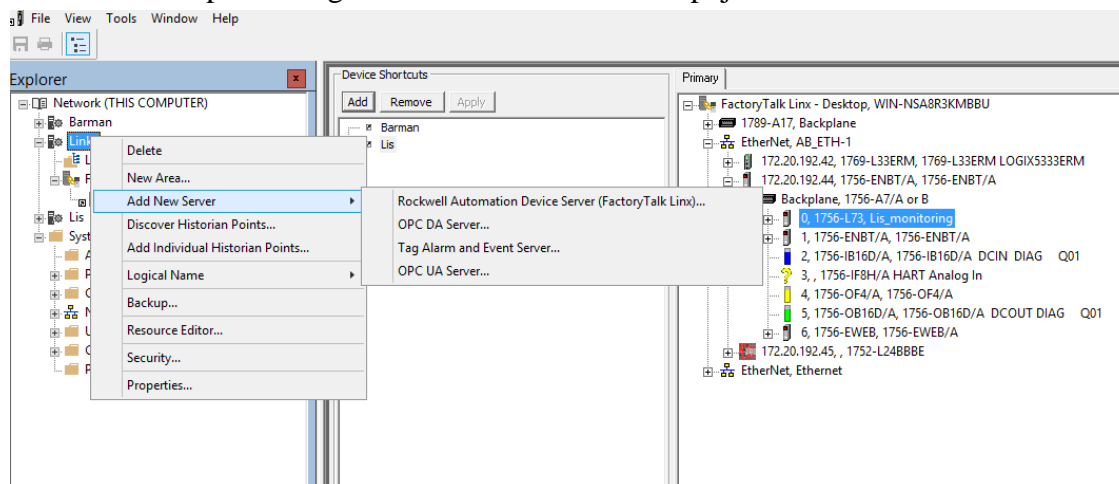
Model (obr. 6-2) zobrazuje jednotlivé úrovně hierarchie zařízení. Vrchol tvoří název celého podniku, který v našem případě byl pojmenován VUT. Dále následují úrovně závod a specifický úsek, které většinou představují město a místo, případně konkrétní část toho místa. Linka je tedy umístěna v Brně na fakultě (FEKT), podrobněji na ústavu (UAMT). V úseku se nachází jednotlivé výrobní jednotky a ty jsou pak rozděleny na konkrétní pracoviště. Výrobní jednotky linky jsou Barman a Pneumatický lis. Barman byl pro potřeby aplikace standardu rozdělen na pracoviště s názvem Podavač a Dávkovač. Pneumatický lis pak na Kontrolní, Lisovací a Skladovací pracoviště. Do modelu byl také doplněn Sklad materiálu, který zde představuje externí místo s potřebným materiálem.

## 6.2 FactoryTalk Historian SE

Jako první použití software byl Historian, který se používá pro sběr časově seřazených dat z řídicích systémů (kap. 2.3). Správně nakonfigurovaný Historian je výchozím bodem pro zbylé prvky implementace standardu S95 je FT Historian Server. Po vytvoření a nakonfigurování serveru lze nastavit monitorování jednotlivých tagů z příslušných projektů Studia 5000. Následně veškeré proběhlé změny v každém zvoleném tagu se zaznamenávají s časovou značkou na server, odkud je možné pak všechny změny číst a dále je zpracovávat. K zobrazení a případným úpravám nasbíraných dat slouží nástroj PI System Management Tools.

### 6.2.1 Vytvoření aplikace a konfigurace serveru

Vytváření a konfigurace se provádí v programu FT Administration Console. Po spuštění je potřeba zvolit Directory, který chceme použít. Zde je potřeba vybrat možnost Network a potvrzením pokračovat do okna konzole, kde se provádí zbytek konfigurace. V levé části se nachází stromové zobrazení celého adresáře Network. V nejvyšší úrovni se vytváří samotné aplikace včetně FT Linx data Serveru, v podsložce System, Connections, Historical Data pak konfigurace Historian Serveru a spojení s Linx Serverem.



Obr. 6-3: Prostředí FT Administration Console

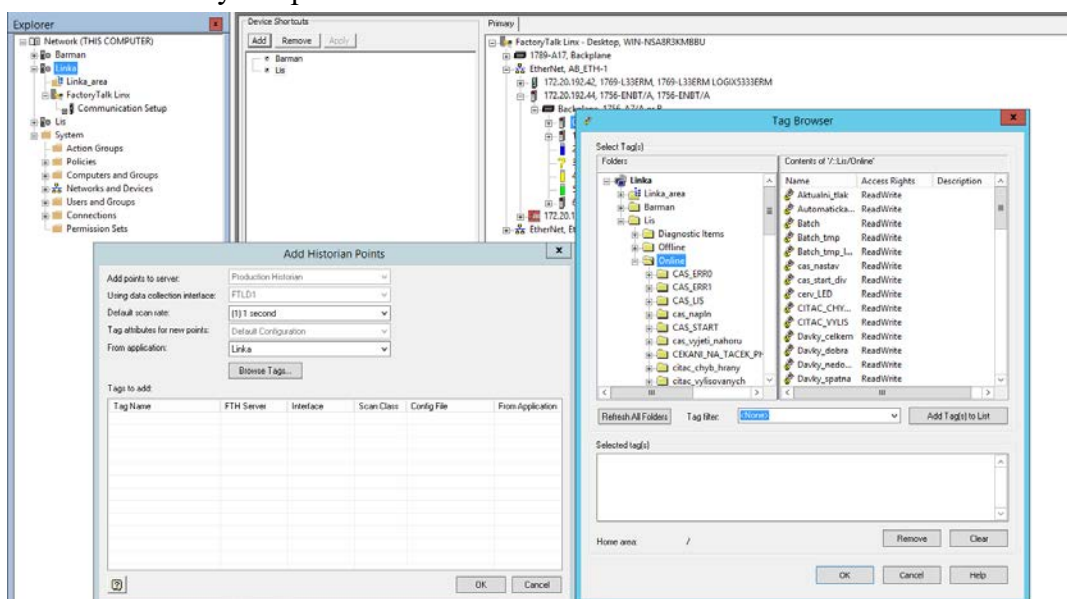
Vytvoření nové aplikace lze provést v nejvyšší úrovni stromové struktury, po kliknutí pravým tlačítkem na Network a následně Add. V aplikaci je pak nutné vytvořit data server, který slouží pro sběr a synchronizaci dat z řídicího systému, tuto možnost lze vidět na obrázku 6-3. V závěrečné práci byl použit FactoryTalk Linx Server. Dále v příslušné položce Communication Setup byla následně vytvořena obě zařízení linky Barman a Lis. V poslední části okna se pak jednotlivým zařízením přiřadí síťová cesta k PLC, tuto cestu pak využívá server ke sběru online dat. Cestu najdeme po rozkliknutí serveru a postupném proklikání sítí až k potřebnému procesoru. Ve spodní části okna lze také nastavit cestu k projektu Studia 5000, ten pak využívá jako zálohu ke sběru offline dat.

Dále bylo potřeba vytvořit Historian Server. Konfigurace se provádí v podpoložce Historical Data, kde se pomocí možnosti New vytvoří nový. Dojde k otevření příslušného okna, kde lze nastavit název spojení, typ rozhraní a další podrobnosti. Dále se zde nachází tlačítko Test Server Connection, pomocí kterého lze otestovat funkčnost spojení s námi zadaným serverem. Následně je nutné vytvořenému rozhraní s názvem FTLDD1 přiřadit potřebné licence. Přiřazení licencí se provede v položce Properties a možnosti Licensing. Po správném přiřazení se příslušnému rozhraní vytvoří maximální počet datových bodů.

## 6.2.2 Konfigurace tagů

Po úspěšném vytvoření serverů, nastavení potřebných cest a navázání funkčního spojení mezi nimi bylo vše připraveno k dalšímu kroku. Nastavení a výběr jednotlivých tagů, jehož hodnoty se budou sbírat a archivovat do vytvořeného serveru. Každému tagu bude zaznamenávána každá změna včetně její časové značky.

Přidání tagů lze provádět v příslušném okně s názvem Add Historian Points (obr. 6-4). Okno je možné vyvolat kliknutím pravého tlačítka na vytvořenou aplikaci Linka a následně vybrat položku Add Individual Historian Points.



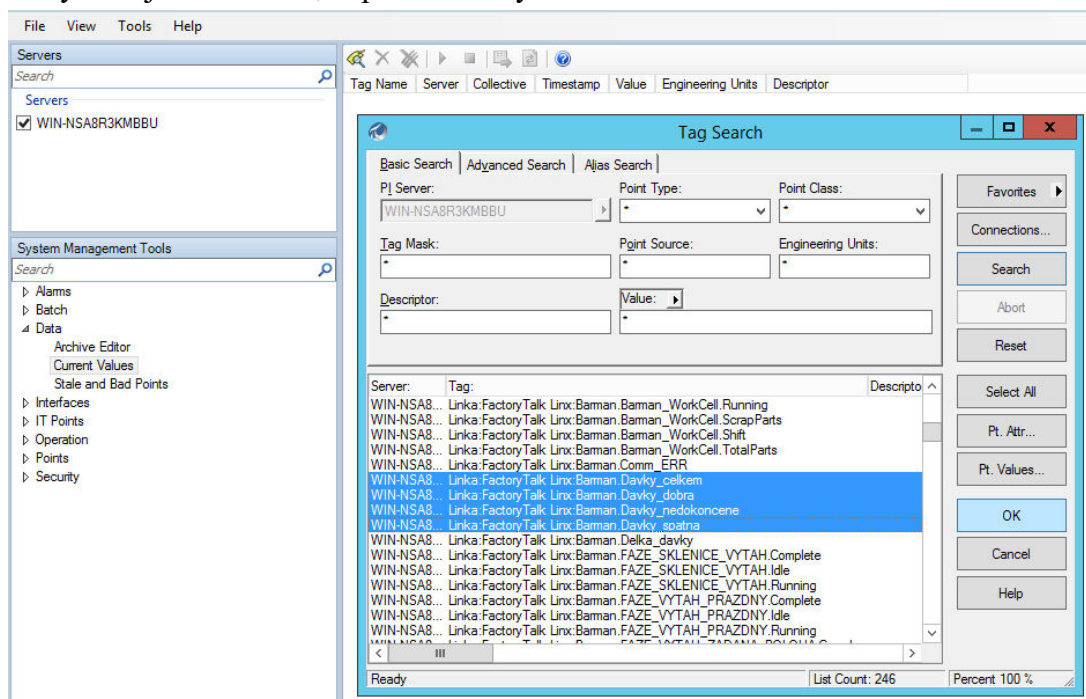
Obr. 6-4: Výběr monitorovaných tagů

Po vyvolání okna se otevře tabulka s monitorovanými tagy (na obrázku prázdná, ještě nebyly žádné zvoleny). Tlačítkem Browse Tags lze vyvolat další okno (na obrázku 6-4 vpravo), zde je možné se proklikat až do jednotlivých zařízení v podsložce online a vybrat tagy z příslušného projektu (ve Studiu 5000 - Controller Tags) nebo vybrat podsložku, která představuje příslušný program v projektu a jeho Local Tags. Následně v pravé části okna vybrat jednotlivé tagy, které potřebujeme monitorovat a ukládat jejich hodnoty a případné změny. Vybraný tag přidáme tlačítkem Add Tag to List, až jsou vybrány všechny tagy, potvrzením tlačítkem OK přidáme všechny zvolené body do tabulky z předchozího okna. Každý tag v tabulce je doplněn o podrobnosti např. jaké aplikaci náleží, jaké využívá rozhraní apod.

### 6.2.3 PI System Management Tools

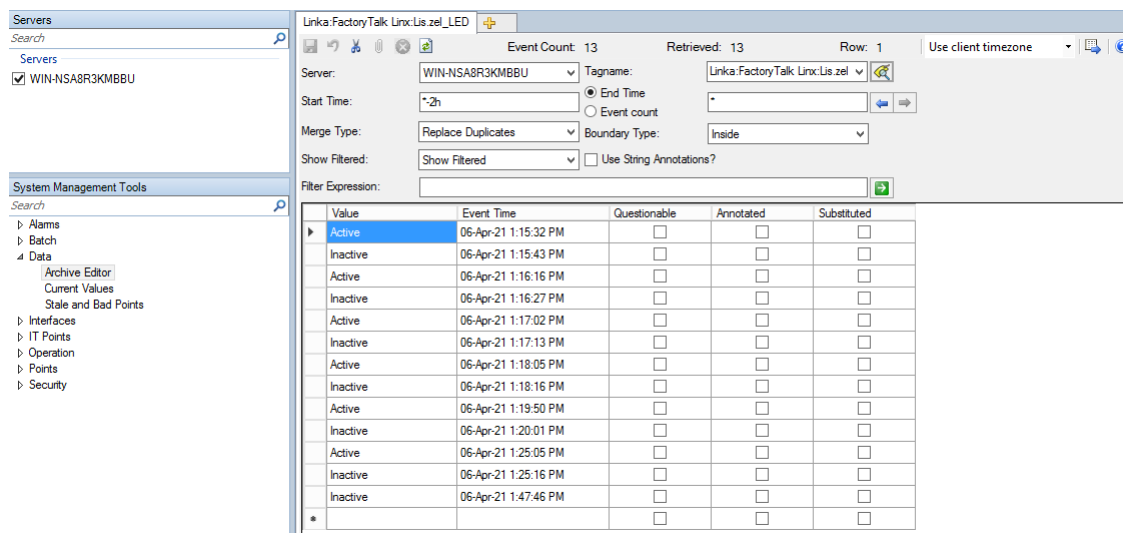
Zvolené tagy a jejich následné funkční monitorování je možno ověřit pomocí nástroje PI System Management Tools. Díky tomuto nástroji může uživatel zobrazit aktuální, ale i starší data, která lze s příslušným oprávněním i editovat.

Po spuštění nástroje stačí vybrat pouze Server a v následujících položkách zvolit Current Values. Otevře se prázdné okno, ve kterém se pomocí ikonky Tag Search (žluté vlaječky s lupou) vyvolá příslušné okno. V tomto okně lze filtrovat tagy podle různých aspektů, pokud necháme defaultní vyplnění filtru, tlačítkem Search zobrazíme všechny tagy na Serveru (obr. 6-5). Pak stačí vybrat hledané tagy a tlačítkem OK je vložit do hlavního okna. Zobrazené body nesou aktuální hodnotu bodu ve chvíli vložení, stiskem tlačítka Start Updating dochází k aktivaci live módu a aktualizacím hodnot všech tagů, u kterých dojde ke změně, např. z hodnoty Inactive na hodnotu Active.



Obr. 6-5: Výběr tagů k zobrazení

Další možnost je vybrat položku Archive Editor, do kterého lze vybrat jednotlivé tagy stejným způsobem jako u předchozí možnosti. Zobrazení se provádí po jednotlivých proměnných a výpisu všech dosavadních změn hodnot s příslušnou časovou značkou (obr. 6-6). Jak bylo řečeno, při splnění požadovaných oprávnění uživatele lze tato data editovat či mazat.



Obr. 6-6: Datový archiv jednotlivých tagů

## 6.3 FactoryTalk Metrics

Jako další nástroj pro aplikování standardu na výrobní linku byl zvolen software FT Metrics a jeho součásti. Využívá se k vytváření klíčových ukazatelů efektivity a spolehlivosti jednotlivých výrobních úseků podniku. Analýza se provádí nad nakonfigurovanými tagy vytvořením samotného reportu, jeho podrobnou konfigurací a následným vytvořením grafických prvků v reportu.

### 6.3.1 Konfigurace tagů

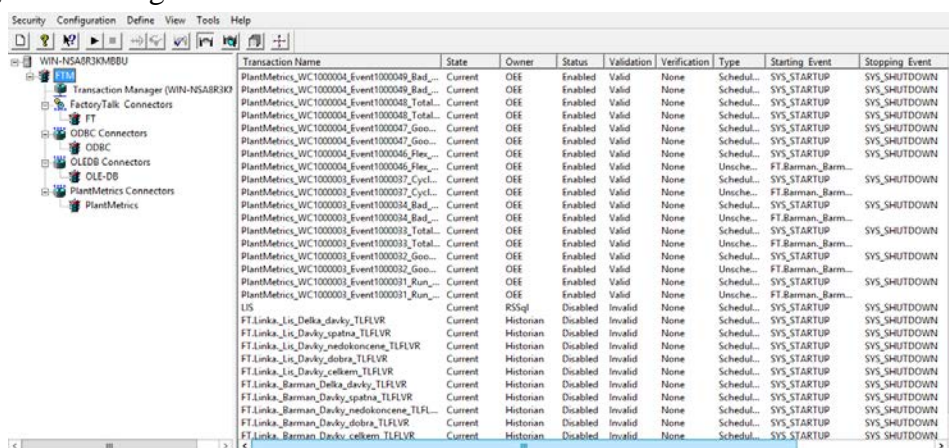
Před vytvářením reportů a ukazatelů efektivity výroby je potřeba první definovat potřebné tagy, které slouží jako data pro příslušné výpočty. K výběru jednotlivých tagů je využíván program FT Transaction Manager. Je potřeba vytvořit novou konfiguraci, kterou je možno vyvolat tlačítkem New. V novém okně Configuration Checklist je nutno vyplnit název, podrobnou konfiguraci, datové body, objekty a potvrzením vytvořit.



Obr. 6-7: Prostředí FT Transaction Manageru a vytvoření nové konfigurace



Ve vytvořené konfiguraci (stromový seznam v levé části okna) lze u příslušné položky Connectors vytvořit připojení, které bude využito. V nabídce u vytvořeného spojení se vyvolá tlačítkem Define Data Points nové okno, kde se provede výběr potřebných tagů (podobně jako u obr. 6-4). Tagy lze postupně vkládat do tabulky a nastavovat jim určité podrobnosti. Hotovou tabulku s dokončeným výběrem tagů lze do příslušného připojení vložit tlačítkem Apply. Po nakonfigurování a nastavení tagů se pomocí černé ikonky start naváže spojení a začne probíhat sběr dat z monitorovaných tagů. Spuštění sběru dat je vhodnější provést až po vytvoření reportu v programu Configuration Console.

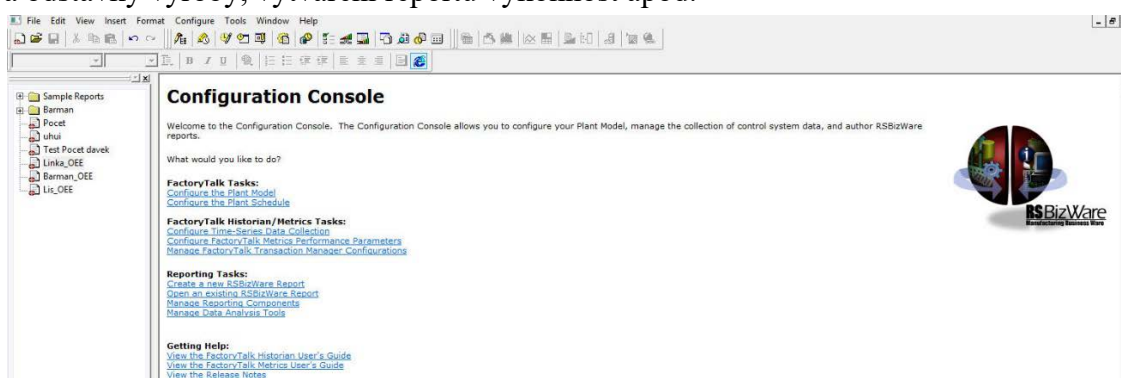


Transaction Name	State	Owner	Status	Validation	Verification	Type	Starting Event	Stopping Event
PlantMetrics_WC1000004_Event1000049_Bad...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000004_Event1000049_Tot...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000004_Event1000049_Geo...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000004_Event1000049_Flex...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000004_Event1000049_Cycl...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Unsche...	FT Barman_Barm...	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000037_Cycl...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Unsche...	FT Barman_Barm...	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000034_Bad...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000034_Tot...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000034_Geo...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000034_Flex...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Unsche...	FT Barman_Barm...	SYS_SHUTDOWN
PlantMetrics_WC1000003_Event1000031_Run...	Current	OEE	Enabled	Valid	None	Unsche...	FT Barman_Barm...	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Lis_Delka_davky_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Lis_Davky_spatna_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Lis_Davky_nedokoncene_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Lis_Davky_dobra_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Lis_Davky_celkem_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Barmen_Delka_davky_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Barmen_Davky_spatna_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Barmen_Davky_nedokoncene_TLFL...	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Barmen_Davky_dobra_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN
FT Linka_Barmen_Davky_celkem_TLFLVR	Current	Historian	Disabled	Invalid	None	Schedul...	SYS_STARTUP	SYS_SHUTDOWN

Obr. 6-8: Všechny tagy zvolené v FT Transaction Manageru

### 6.3.2 Configuration Console

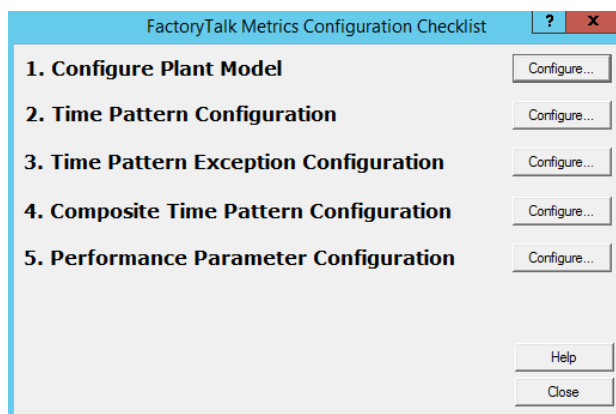
Jednou ze součástí nainstalovanou společně s FT Metrics je Configuration Console (obr. 6-9), ta sjednocuje balíček výkonostních nástrojů. Tyto nástroje zahrnují např. konfiguraci modelu závodu, vytváření časových plánů výroby, plánování přerušení a odstávky výroby, vytváření reportů výkonost apod.



Obr. 6-9: Prostředí programu Configuration Console

Program se skládá ze tří hlavních částí, nahoře se nachází hlavní menu s jednotlivými nástroji, po levé straně je seznam již vytvořených reportů a hlavní okno. V hlavním okně se provádí samotný grafický návrh reportu. Hlavní okno lze přepínat mezi design a preview zobrazením, ve kterém následně probíhá analýza a vyhodnocení dat.

Vytvoření nového reportu se provádí pomocí tlačítka New Report. Nejprve se musí provést konfigurace celého reportu. V položce Configure tlačítkem Configuration CheckList dojde k otevření konfiguračního seznamu (obr. 6-10), ten se skládá z jednotlivých kroků, které je potřeba postupně vyplnit. Každý krok má své konfigurační podokno, které se vyvolá tlačítkem Configure u příslušného kroku, kde se provádí jeho konfigurace.



Obr. 6-10: Konfigurační kroky reportu

V prvním kroku se provádí konfigurace hierarchického modelu podniku. Ve vytvořeném modelu lze také vložit vlastnost Capacity, tu je možno vložit do celé pracovní buňky nebo do jednotlivých jednotek. Záleží, jakou analýzu je potřeba provádět.

Následující kroky 2, 3 a 4 slouží k časovému naplánování výrobní kapacity. Provádí se zde přiřazení časového plánu vytvořené položce Capacity. V první kroku se konfiguruje, jaký a kolikahodinový je provoz, případně jak dlouhé jsou přestávky. V dalším kroku je možnost do časového plánu zařadit dny, kdy se nepracuje nebo je naplánována celozávodní dovolená. Příkladem můžou být státní svátky nebo předem plánovaná údržba strojů. Následující krok umožňuje zobrazit např. týdenní časový plán s přestávkami a dny volna. Tohle rozvržení je zobrazeno i graficky pro lepší přehlednost.

Pátý krok konfigurace slouží k nastavení parametrů a sběru dat pro potřebné výpočty výkonnosti. Po otevření konfiguračního okna lze po levé straně vidět navigační menu s tlačítky (obr. 6-11), které umožňují posun mezi jednotlivými podokny. Pro správnou konfiguraci a funkčnost výpočtů je potřeba postupně vyplnit všechna podokna.

Navigační menu obsahuje:

- Data Collection – Nastavení zdroje dat, nastaveno pomocí Transaction Manageru. V tomto podokně je potřeba zatrhnout možnost „Enable Data Collection for this Plant model activity area“. – to lze provést až po vyplnění zbylých parametrů a následně celé konfigurační okno potvrdit tlačítkem Apply a OK.
- Cycle Time, Part ID – Nastavení ideálního času k vyrobení jedné dávky, čas lze zadat ručně, datovým bodem nebo z tabulky.
- Summarization Criteria – Parametr, který umožňuje počítat efektivitu z časového úseku.

- Part Count – Výběr datových bodů, kde je informace o celkovém počtu vyrobených dávek, dobrých dávek a vadných dávek.
- Scheduled Availability – Plánovaná dostupnost zařízení, používá se k výpočtu dostupnosti. Nastavení dostupnosti lze provést ručně, výběr naplánované směny nebo 24 h denně.
- Monitored Availability – Reálná dostupnost, tu lze nastavit pomocí datové bodu, který nese informaci o dostupnosti v reálném čase.
- Running State – Čistý čas zařízení, ve kterém pracovalo běžným způsobem.
- Advanced – Nastavení periody sběru dat a přepočítání výkonnostních ukazatelů.

Obr. 6-11: Konfigurace výkonnostních parametrů

Po dokončení konfigurace reportu byl v hlavním okně do pracovní plochy vložen nástroj OEE box (obr. 6-12), který počítá a zobrazuje výrobní efektivitu celé linky. Před spuštěním výroby a její analýzy je nutné se ujistit, že byl korektně spuštěn sběr dat (jak je popsáno na závěr kap. 6.3.1).

Event	Severity	Timestamp	Duration

Obr. 6-12: Výrobní efektivita linky



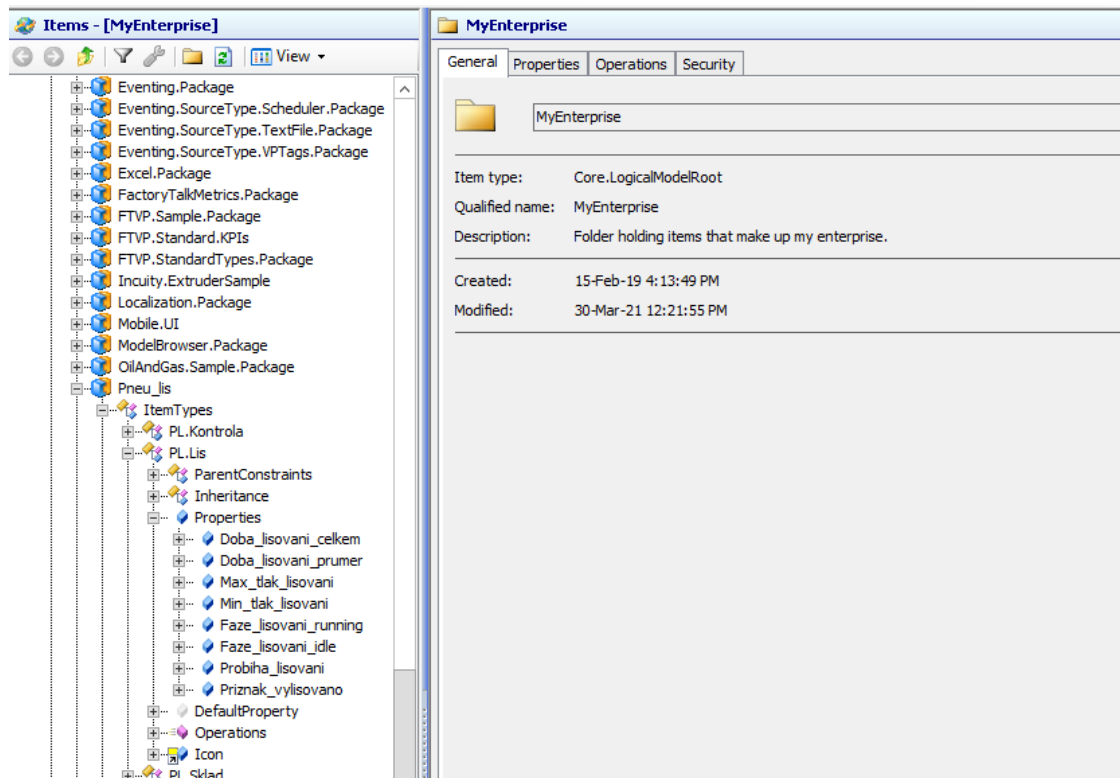
## 6.4 FactoryTalk VantagePoint

Poslední software pro aplikování standardu byl zvolen VantagePoint. Jeho hlavní funkcí je získávání dat z různých zdrojů a databází. Dále jejich následné grafické zobrazení pomocí trendů či dashboardů, které lze využít nejen k zobrazení archivovaných dat, ale také pomocí nich monitorovat výrobu v reálném čase. Konfigurace programu se provádí v aplikaci VantagePoint Manager, která je součástí instalace. K zobrazení dat je možné použít aplikace Trend, XY Plotter nebo VantagePoint Mobile.

### 6.4.1 Factory Talk VantagePoint Manager

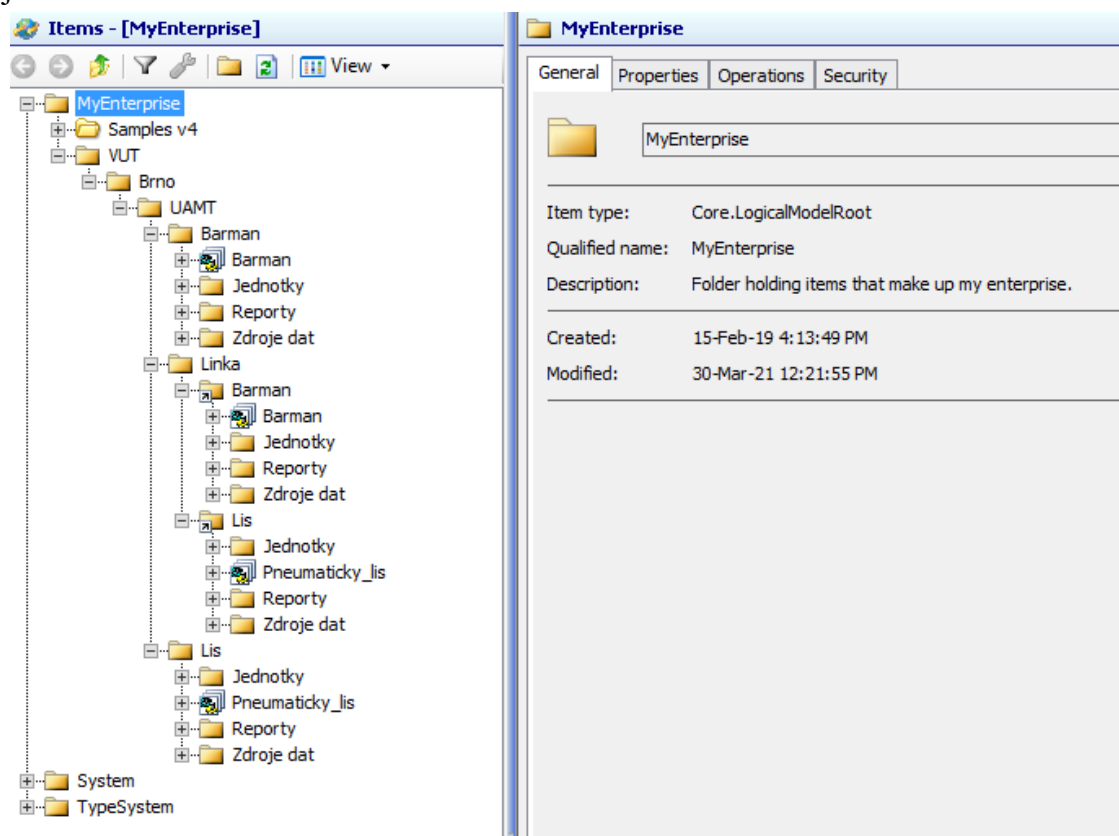
Před nastavením hierarchie podniku je potřeba vytvořit všechny objekty, které představují jednotlivá zařízení linky. Aplikace Manager se skládá ze dvou hlavních částí, vlevo se nachází stromové menu všech součástí projektu a v hlavním okně vždy příslušný popis označené položky (obr. 6-13 a 6-14).

Položka TypeSystem obsahuje podsložku Packages, v této podsložce se vytvářejí zmíněné objekty. Pomocí možnosti New lze přidat novou jednotku, která představuje specifické zařízení v hierarchii podniku. Vytvořený objekt obsahuje podpoložku ItemTypes, ve které se vytváří jednotlivá pracoviště jednotky. Každému pracovišti je pak nutné v podsložce Properties vytvořit všechny reference, které umožní následné mapování potřebných tagů k jednotlivým pracovištím v hierarchii podniku. Po vytvoření všech objektů a referencí je možné položku TypeSystem uzavřít a projekt uložit.



Obr. 6-13: VantagePoint Manager – vytvoření nového objektu Pneu\_lis

Dalším krokem je vytvoření a konfigurace hierarchie podniku. Pomocí možnosti New v položce MyEnterprise lze přidat nový podnik (obr. 6-14). Podniku následně vytvořit jednotlivé závody, každému závodu specifický úsek výroby. Každý úsek výroby obsahuje jednotlivá fyzická zařízení, která představují jednotky výroby. Všechny zmíněné položky jsou v hierarchii prezentovány jako složky s příslušným názvem a popisem. Struktura a obsah každého zařízení už může být individuální. V práci byla vytvořena struktura, která obsahuje podsložky Jednotky, Reporty, Zdroje dat. V této úrovni je již do struktury vložen objekt, který reprezentuje celé zařízení. Jeho jednotlivá pracoviště jsou umístěna ve složce Jednotky. Pro lepší přehlednost a usnadnění nastavení cest k datům byli do složky Zdroje dat vytvořeni zástupci na jednotlivé databáze. Jednotlivé databáze a zdroje dat je možno nalézt v podsložce Source, která je součástí složky System. Vytvořené reporty z výroby lze následně publikovat do přichystané složky Reporty. Pro lepší přehlednost byla vytvořena složka Linka, která obsahuje pouze odkazy na jednotlivá zařízení.



Obr. 6-14: Vytvořená hierarchie podniku

Přidání pracovišť do hierarchie podniku bylo provedeno možností New u složky Jednotky. Po otevření nového okna stačí najít vytvořený objekt pracoviště (viz. 6.4.1) v příslušném seznamu všech objektů. Po vložení pracoviště do modelu se v novém okně vyplní název, popis a nastaví se příslušné cesty k jednotlivým tagům, které jsou následně propojeny pomocí přichystaných referencí.

První pracoviště Lis (obr. 6-15) obsahuje data související s fyzickým procesem lisování. V modelu u tohoto zařízení lze nalézt příznaky spuštění fáze lisování a dokončení lisování, dále pak minimální a maximální tlak dosažený v lisovacím válci během výroby. Také do struktury byla přidána reference na celkovou a průměrnou dobu výroby dávky.

Field	Value
Scope:	System.Sources.FactoryTalk-Historian.Production Historian.Tags
Name:	Lis
FullyQualifiedName:	MyEnterprise.VUT.Bрно.UAMT.Lis.Jednotky.Lis
TypeName:	PL.Lis
CreatedOn:	07-Apr -21 11:17:08 AM
ModifiedOn:	07-Apr -21 11:17:08 AM
Description:	Jednotka_Lis
IconIndex:	78
Doba_lisovani_celkem:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Doba_lisovani_celkem]
Doba_lisovani_prumer:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Doba_lisovani_prumer_na_jeden_lis]
Max_tlak_lisovani:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Max_Tlak_pri_lisovani]
Min_tlak_lisovani:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Min_Tlak_pri_lisovani]
Faze_lisovani_running:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.LISOVANI_PHASE.Running]
Faze_lisovani_idle:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.LISOVANI_PHASE.Idle]
Probiha_lisovani:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.zel_LED]
Priznak_vyilisovano:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Program:LISOVANI_PHASE.Vyilisovano]

Obr. 6-15: Pracoviště Lis

Další pracoviště Kontrola (obr. 6-16) obsahuje data spojená s provozem celého zařízení. Byly zde vytvořeny reference na příznaky spojení se SmartGuard PLC, stisk tlačítka nouzového zastavení, aktuální tlak v zařízení a přítomnost táčku pod lisovacím válcem.

Field	Value
Scope:	System.Sources.FactoryTalk-Historian.Production Historian.Tags
Name:	Kontrola
FullyQualifiedName:	MyEnterprise.VUT.Bрно.UAMT.Lis.Jednotky.Kontrola
TypeName:	PL.Kontrola
CreatedOn:	07-Apr -21 11:22:06 AM
ModifiedOn:	07-Apr -21 11:22:06 AM
Description:	Jednotka_Kontrola
IconIndex:	78
Aktualni_tlak:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.Aktualni_tlak]
E_STOP:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.ESTOP_NC]
NET_OK_SMART600:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.NET_OK_SMART600]
Faze_kontrola_pred_lisovanim_running:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.KONTROLA_PRED_LISOVANIM_PHASE]
Faze_kontrola_pred_lisovanim_idle:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.KONTROLA_PRED_LISOVANIM_PHASE]
Pritomnost_tacku:	[Linka:FactoryTalk Linx:Lis.OPT]

Obr. 6-16: Pracoviště Kontrola

Posledním pracovištěm pneumatického lisu je Sklad (obr. 6-17), který je zaměřený převážně na data týkající se tácku. Do jeho struktury byly zařazeny tagy signalizující běh fází výměna tácku a odběr vylisovaného tácku, dále pak příznak, který signalizuje, zda byl vylisovaný tácek vyměněn za čistý a je možné spustit další výrobní cyklus.

Obr. 6-17: Pracoviště Sklad

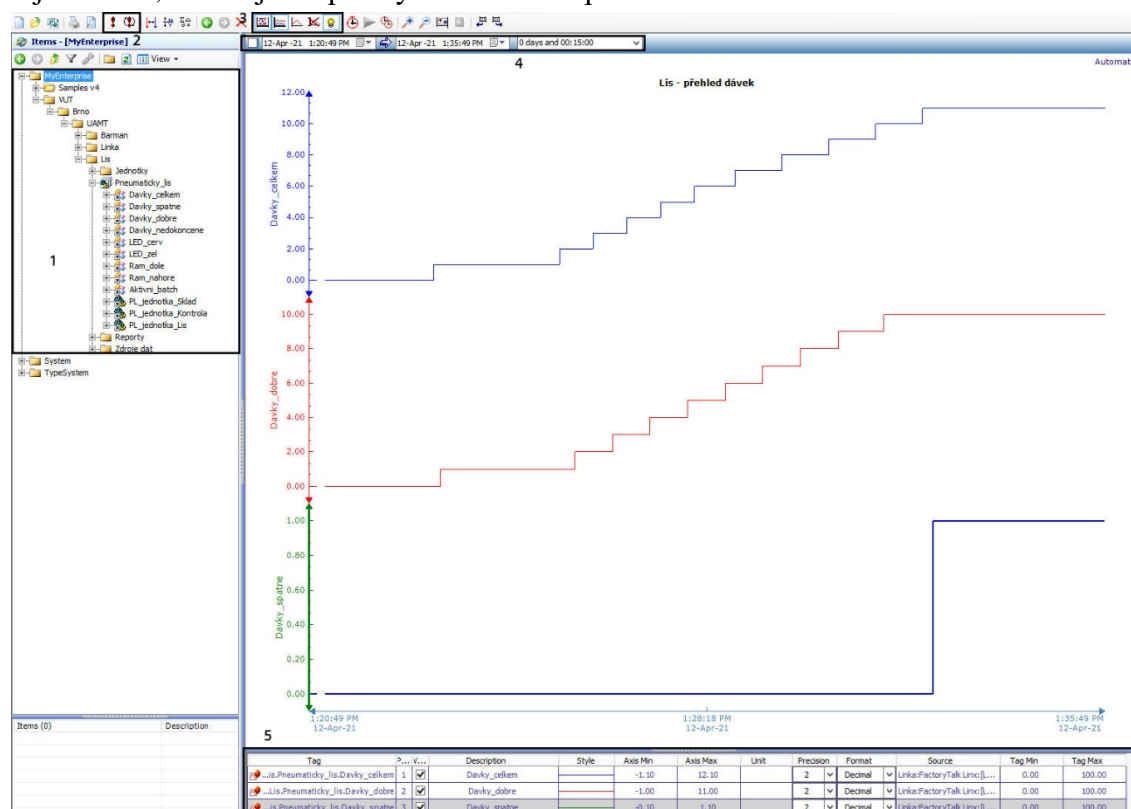
Každý vytvořený objekt pak obsahuje jednotlivé tagy, které s tímto pracovištěm souvisí. Zařízení také obsahují data, která nelze přiřadit žádným příslušným pracovištěm. Proto byly vytvořeny další objekty reprezentující celá zařízení (obr. 6-18). Tyto objekty obsahují např. počet vyrobených dávek, světelnou signalizaci, příznak aktivního dávkového řízení apod. Kromě referencí na jednotlivá data obsahují také reference na jednotlivá pracoviště.

Obr. 6-18: Zařízení Pneumatický lis

## 6.4.2 Aplikace VantagePoint Trend

Jednou ze základních součástí VantagePointu je aplikace Trend, která slouží pro zobrazení vybraných dat v časové ose výroby. Aplikace se opět skládá ze dvou hlavních částí (obr. 6-19), vlevo se nachází vytvořený hierarchický model podniku (1) a hlavní obrazovka vykresluje příslušný trend. Po zvolení požadovaného tagu stačí ze seznamu přetáhnout do hlavní obrazovky a nechat data aplikací vykreslit.

V horní části pak lze nastavit přesný časový úsek (4), který je potřeba zobrazit a analyzovat. Nad tímto nástrojem se nachází menu (2 a 3), které obsahuje možnosti zobrazení a přizpůsobení trendu. Vykreslení dat je možné provádět z databáze, která obsahuje sběr dat za dobu výroby, nebo lze přepnout na live mód, který data zobrazuje v reálném čase (2). Jednotlivé vložené tagy lze spravovat v dolní části okna (5), kde je možné nastavit podrobnosti zobrazení. Při použití více tagů lze vykreslení zobrazit (3) v jedné ose, kde dojde k překrytí dat nebo např. ve více osách viz obr. 6-19.



Obr. 6-19: VantagePoint Trend

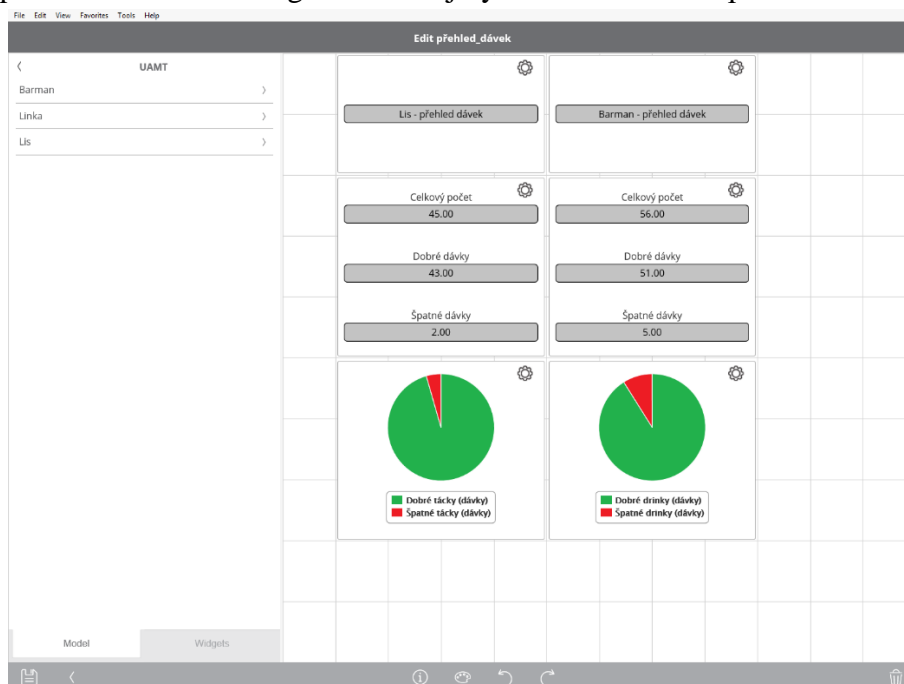
Na obrázku 6-19 jsou zobrazena data, která představují počet vyrobených dávek v zařízení Lis. Pro tento trend bylo zvoleno zobrazení ve více osách, a to pro lepší srovnání a přehlednost dat. Po vyrobení první dávky lze vidět velkou časovou prodlevu, ta byla způsobena ověřením, zda se výrobní data ukládají a vše funguje. Následovalo 10 výrobních procesů, kde ten poslední byl záměrně ukončen během lisování, aby došlo k vyrobení špatné dávky. Na trendu je tedy zobrazeno 11 celkem vyrobených dávek (táček), z toho 10 dobrých a 1 špatná.

### 6.4.3 Aplikace VantagePoint Mobile

Další nástroj k zobrazení výrobních dat je aplikace VantagePoint Mobile, která slouží převážně pro vizualizaci dat pomocí dashboardů a přehledových obrazovek. Po stisknutí tlačítka New se otevře prázdné okno vizualizace, v levé části okna se nachází menu a hlavní okno je pracovní plocha vizualizace. Menu je možno přepnout mezi možnostmi Model a Widgets. V záložce Model je hierarchie podniku, kde je možnost se proklikat až k jednotlivým tagům. Možnost Widgets obsahuje jednotlivé prvky umožňující zobrazení dat např. grafy, tabulky, indikátory apod.

Prostředí je velice přehledně uživatelsky přizpůsobeno a vytváření dashboardů je tedy velice snadné. Stačí ze seznamu Widgetů myší přetáhnout zvolený prvek do pracovní plochy, vloží se prázdná struktura příslušného prvku. Následně stačí menu přepnout na možnost Model a po přesunutí k potřebným datům stačí vybraný tag opět pouze myší přetáhnout na prázdnou strukturu v pracovní ploše. Vytvoří se velmi základní a jednoduchá vizualizace dat (obr. 6-20). Každý prvek je možno následně pomocí ikonky ozubeného kolečka otevřít a ručně upravit nebo mu přidat další proměnou do zobrazení. Nevýhodou je, že většina widgetů moc možností úprav nenabízí a je potřeba se spokojit se základní vizualizací. Řešením může být volba jiného indikačního prvku, který nabízí více možných úprav a nastavení.

V aplikaci je možnost vytvářet trendy zobrazující data v časové ose. Vytvořené trendy lze vzhledově ještě drobně upravovat a přizpůsobovat. Dále je možné do pracovní plochy vkládat publikované trendy z aplikace VantagePoint Trend. Použití obou možností může sloužit např. k potřebě zobrazení vývoje výroby dávek v čase a k tomu vidět celkový přehled pomocí kruhového diagramu nebo jiných zobrazovacích prvků.



Obr. 6-20: Dashboard – přehled dávek

## **7. OVĚŘENÍ ŘEŠENÍ**

Kapitola se zabývá ověřením funkčnosti navrženého a realizovaného řešení na vytvořenou linku. Jednotlivé dílčí části práce byly postupně ověřovány a testovány v průběhu jejich realizace, a to hlavně z důvodu jejich návaznosti, a tudíž potřeby jejich dílčí korektní funkčnosti. Následně byla fyzicky připravena jednotlivá zařízení a nastavena výroba, která byla provedena jako ověření funkčnosti kompletního aplikovaného řešení na výrobní lince. Pro správné použití pracoviště byl také sepsán stručný postup krok po kroku, který popisuje spuštění, nastavení a ovládání výrobní linky.

### **7.1 Postup obsluhování linky**

Správné obsluhování linky zaručuje korektní chod všech dílčích částí, a tudíž fungování aplikovaného návrhu. Proto byl sepsán stručný návod obsluhování linky viz příloha A.

### **7.2 Testovací výroba na lince**


Pro ověření funkčnosti linky a implementace standardů byla vytvořena testovací výroba, která se skládala z 11 dávek. Receptura této dávky se skládá z vylisovaného táčku a drinku, který je vytvořen postupným napuštěním tekutin ze 4 lahví (viz. obr. 5-14). Jednotlivé procedury jednotek jsou sestaveny tak, aby dokončení obou dávek bylo s co nejmenší časovou rozdílností.

#### **7.2.1 Příprava**

Před spuštěním strojů byl do jejich zásobníků doplněn potřebný výrobní materiál, který je uskladněn v externím skladu. Dále bylo potřeba provést očištění dopravníku v barmanovi a nanesení inkoustu na raznici v lisu. Po doplnění, připravení a vizuální kontrole všech součástí jednotlivých zařízení byly stroje uvedeny do provozu. Postup spuštění vycházel z přílohy A.

Po nastartování Windows Serveru 2012 bylo zapotřebí spustit Batch Server a následně pokračovat v programu Batch View, který slouží k plánování výroby jednotlivých dávek. Jak bylo popsáno v úvodu této kapitoly, pro testovací výrobu bylo vytvořeno 11 kompletních dávek (obr. 7-1). Jednotlivé Batch ID byly číslovány od pozice 1000, a to z důvodu následného zálohovacího exportu. V tomto exportu už se nachází předchozí testovací dávky o různých ID (menších jak 1000), a mohlo by tak dojít k určité nepřehlednosti. U dávek byl nastaven mód Auto tak, aby následně bylo možné postupně jednotlivé dávky pouze spustit a netvořit ve výrobě zbytečné časové prodlevy.





Batch ID	Recipe	Description	Start Time	State	Mode	Failure	Overrides
1000	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1001	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1002	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1003	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1004	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1005	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1006	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1007	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1008	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1009	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0
1010	BARMAN_LIS	PRIIPRAVENI DRINKU A VYLISOVANI TACKU		READY	O_AUTO		0

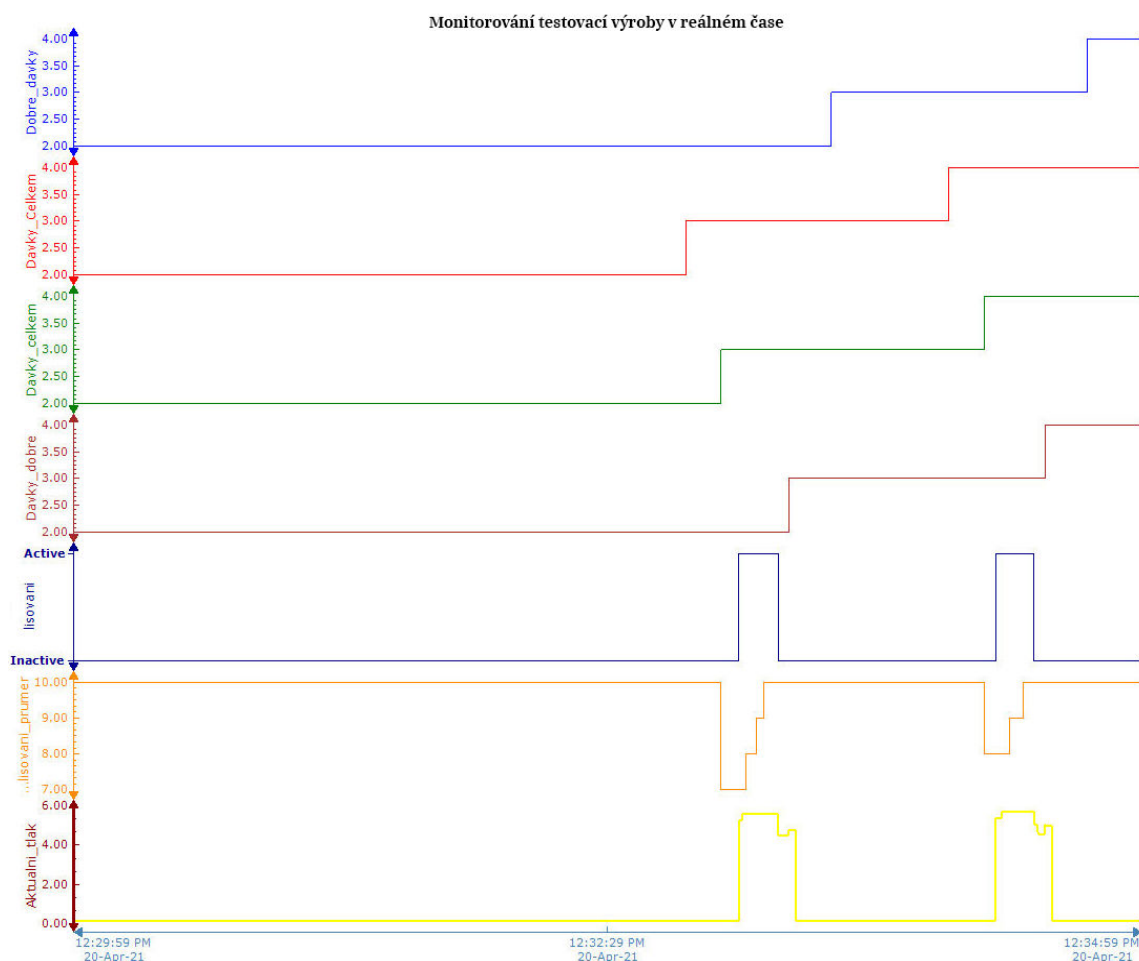
Obr. 7-1: Vytvořené dávky pro testovací výrobu

## 7.2.2 Výroba

Následovalo nastartování ostatních softwarů a spuštění sběru dat (příloha A). Při spuštění jednotlivých dávek a provádění jejich výroby bylo možné průběh pozorovat v live módu. Pro tuto potřebu byly předem vytvořeny dashboardy pro jednotlivá zařízení a také přichystán jeden live trend.

Pro monitorování dat v reálném čase bylo využito přichystaného trendu (obr. 7.2), který zobrazuje vývoj dat v čase a díky tomu lze např. analyzovat výrobní prodlevy, časové posuny mezi spuštěním a dokončením dávky apod. Trend stačilo pouze otevřít z příslušné složky Reporty, která se nachází ve stromové struktuře hierarchie Linky. Po otevření je potřeba přepnout zobrazení veškerých datových bodů do live módu, pro zobrazování v reálném čase výroby (obr. 6-19 – bod 2). Následně už je monitorování připraveno a stačí spustit samotnou výrobu přichystaných dávek pomocí programu Batch View (obr. 7-1).

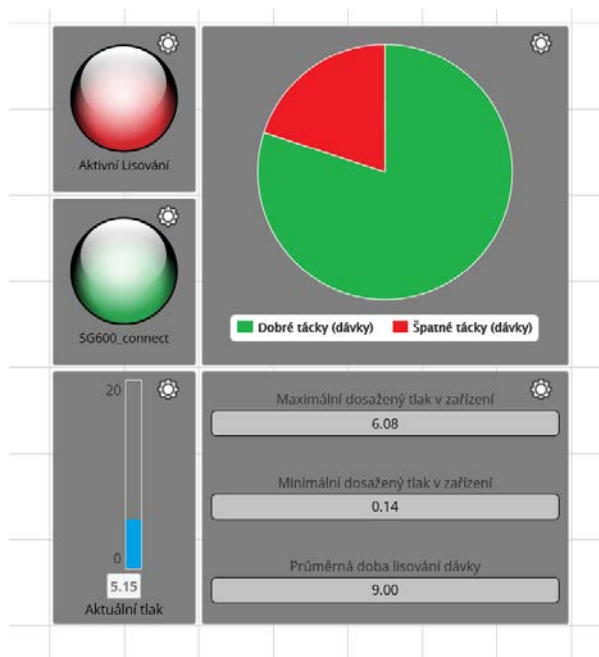
Při výrobě bylo kromě spouštění výrobních dávek potřeba také tvořit dílčí část linky a to obsluhu. Jelikož je linka pouze poloautomatická, je potřeba zajistit neustálé doplňování skleniček do zásobníku a také postupně měnit tácky v lisu. Doplnění tekutin do lahví nebylo během 11 dávek potřeba, a to díky dostatečné kapacitě jednotlivých lahví. Před každým čtvrtým táckem je nutné nanést inkoust na lisovací raznici. Díky tomu, že se drink vyrábí o trochu déle než tácek, je možné tuto operaci provést během této prodlevy, a tudíž tím časově neomezovat výrobu následující dávky. Pokud by obsluha nestihla inkoust nanést, musí tento úkon provést až po dokončení drinku, ale tím způsobí časové zpoždění výroby. Po dokončení jednotlivé dávky byla vždy dávka obsluhou odebrána z obou strojů a umístěna na odběrové místo, kde by v běžném provozu tácek s drinkem čekal na odběr konzumentem.



Obr. 7-2: Monitorování testovací výroby v reálném čase (live mód trendu)

Na obrázku 7-2 jsou sledovány celkové a dobré dávky obou zařízení, mezi jednotlivými dávkami byla pomocí ukazatelů změřena průměrná doba výroby jedné kompletní dávky a to 55 s. Dále je na obrázku vidět například příznak lisování, ze kterého je možné změřit trvání lisovacího procesu. Další monitorované datové body v trendu jsou aktuální tlak v lisovacím válci a také průměrná doba lisování, její tvar se odvíjí od celkového lisovacího času (počítá se jen při lisování) děleného počtem celkových dávek (inkrementovaným již při spuštění dávky), proto průměrný čas v trendu u každé dávky nejprve poklesne do nižší hodnoty a následně roste.

Další možnost sledování výroby v reálném čase je pomocí vytvořených dashboardů. Na obr. 7-3 je možno vidět dashboard, který slouží k monitorování výroby na zařízení Pneumatický lis. Pomocí dvou indikátorů je možno sledovat aktivní síťové spojení se SmartGuard 600 či aktivní lisování (pohyb lisovacího válce). Dále byl přidán přehled dosažených tlaků a průměrná doba výroby dávky lisu. Také se zde nachází přehled dobře a špatně vyrobených dávek. Obsluha na Dashboardu také vidí aktuální tlak v lisu, tento datový bod byl do monitorování zařazen spíše kvůli bezpečnosti než analýze.



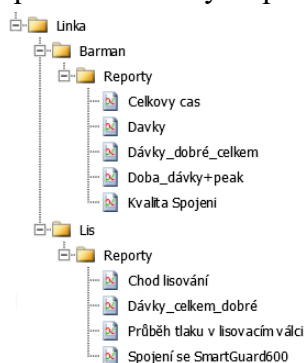
Obr. 7-3: Dashboard k monitorování výroby na Pneumatickém lisu

Po dokončení všech vytvořených dávek bylo ověřeno, že realizované dávkové řízení funguje dle předpokladů. Během výroby nenastaly žádné technické problémy a bylo možné výrobu dokončit a následně ukončit sběr dat. Dále v programu Batch View z dokončených dávek vytvořit zálohovací report a dávky ze seznamu smazat, tím program nachystat na další výrobu. Následoval fyzický úklid veškerých materiálů a potřebných objektů včetně očištění jednotlivých strojů od znečištění, které vzniklo během výroby.

### 7.2.3 Zobrazení nasbíraných dat

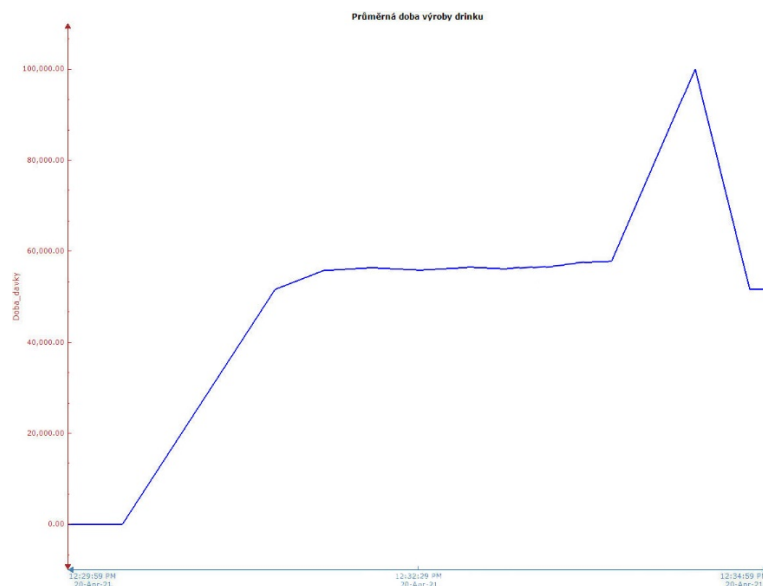
Během výroby probíhal sběr všech vybraných dat, která se ukládala do databáze. Tato data nyní bylo možné pomocí aplikace VantagePoint Trend zobrazit v časové ose výroby a z trendů následně analyzovat její průběh a výkonnost.

K zobrazení je možno vybrat jakékoli datové body, které byly namapovány v hierarchii aplikace VantagePoint Manager. Z testovací výroby bylo vytvořeno 9 trendů (obr. 7-4), které byly uloženy do příslušné složky Reporty, odkud je možné je publikovat.



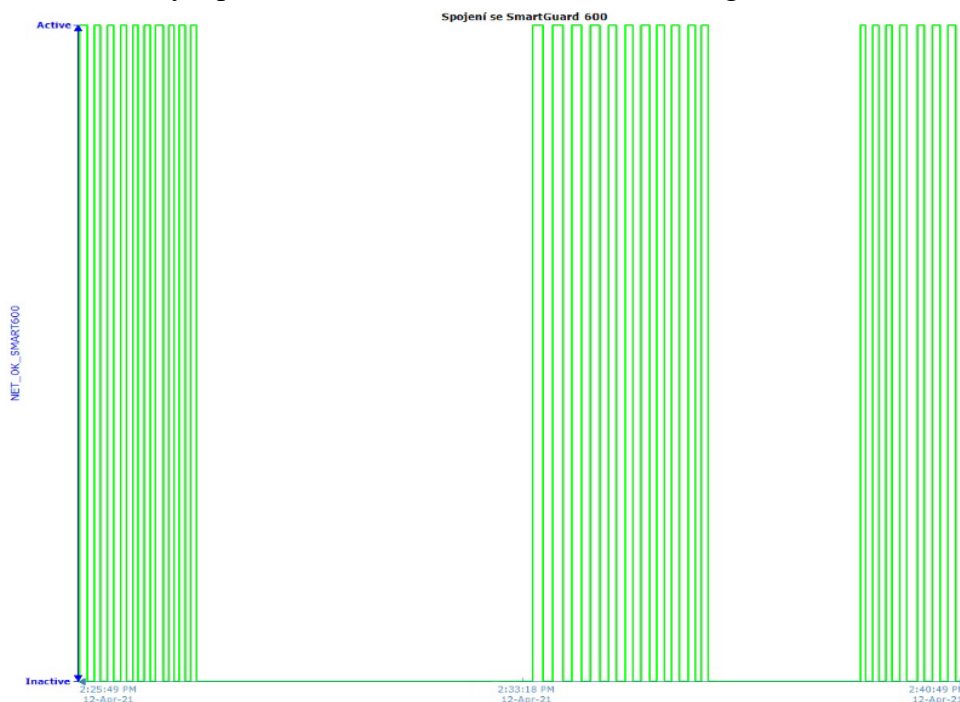
Obr. 7-4: Veškeré vytvořené reporty z testovací výroby

Na ukázkou byly vybrány dva reporty, které byly následně exportovány a vloženy do závěrečné práce.



Obr. 7-5: Ukázka trendu datového bodu – Doba výroby drinku

Obrázek 7-5 zobrazuje průběh času potřebného na vyrobení každého drinku. Z trendu lze pomocí přiblížení datové osy analyzovat, že průměrná doba výroby jedné dávky barmana je 55 s. Na konci trendu je velký časový skok, který dosahuje času 100 s, to je čas, který byl nastaven jako timeout pro výrobu dávky. Ten zde signalizuje nedokončení aktuální dávky, tudíž tedy špatnou dávku. Špatná dávka byla vyrobena záměrně odebráním skleničky z podavače kvůli otestování funkčnosti signalizace.



Obr. 7-6: Průběh síťového spojení se SmartGuard 600

Dalším zvoleným trendem byl průběh síťového propojení mezi oběma PLC v zařízení lis. Bez síťového propojení těchto dvou PLC nebude lis fungovat, a proto je nutné případné výpadky ihned řešit. Monitorování se provádí překlápěním logické úrovně příslušného tagu, které lze vidět na obrázku 7-6. Pokud dojde k výpadku síťového spojení, zůstane logická úroveň v log. 0, čímž signalizuje výpadek. V testovací výrobě byly výpadky způsobeny záměrně, a to vytažením síťového kabelu ze switchu. Výpadky byly provedeny z důvodu ověření funkčnosti jejich signalizace pomocí dashboardu (obr. 7-3) nebo pro následnou analýzu pomocí trendu např. četnost a délka výpadků.

#### **7.2.4 Vyhodnocení**

Po dokončení testovací výroby a vytvoření všech potřebných trendů bylo možné provést analýzu výroby. Je nutné říci, že z 11 výrobních dávek nelze posuzovat spolehlivost linky, ani ji hodnotit z dlouhodobého hlediska. Jednalo se spíše o ověření funkčnosti navrženého a aplikovaného řešení a zjištění, kde se tvoří největší časové prodlevy výroby.

Z časových trendů vyrobených dávek se ukázalo, že linka funguje v pořádku bez zbytečně velkých časových prodlev jednotlivých zařízení. Jelikož je linka pouze poloautomatická a část výroby ovlivňuje obsluha, potvrdilo se, že nejpomalejším článkem je právě obsluha, která vytváří větší časové prodlevy viz. obr. 6-19. Tyto prodlevy už zásadně ovlivňují výrobu, např. pokud obsluha nestihne nanést inkoust na raznici v době, kdy se provádí dokončení drinku, musí to provést po dokončení dávky. Spuštění další dávky pak čeká na provedení tohoto úkonu, a tím se vytváří časová prodleva ve výrobě.

Řešení problému je k lince přidat např. HMI panel se zvukovou signalizací, aby obsluha vždy byla informována, že bude potřeba její aktivita. Tohle řešení však nijak neposunuje automatizaci téhle linky a stále nechává v řetězci obsluhu, která může způsobovat kromě časových prodlev také i chyby ve výrobě.

Dalším řešením může být místo obsluhy do řetězce přidat robotický manipulátor, který bude zvládat veškeré potřebné úkony obsluhy v přesných časových okamžicích. Tyto úkony by měly přesně stanovený průběh a snížila by se tak i chybovost ve výrobě. Díky manipulátoru by se posunula samotná automatizace linky a bylo by možné úplně vynechat obsluhu, která by zasahovala do výroby dávek. Zůstala by zde obsluha, která by pouze řídila a dohlížela na výrobu.

Provedením dávkové výroby včetně korektního sběru veškerých žádaných dat, která bylo možné sledovat v live módu a z nich následným vytvořením grafických trendů, proběhlo ověření správného fungování celé aplikované realizace. Je možné tedy konstatovat, že navržené a realizované řešení této práce bylo provedeno správně a funguje dle očekávání.

## 8. ZÁVĚR

V úvodní kapitole byl popsán hlavní cíl práce, tím je prostudování standardu ISA-95, následný návrh a jeho implementace na vytvořenou výrobní linku ze dvou obdržených strojů, a to Barmana a Lisu.

Na začátku bylo potřeba si prostudovat standard a možné softwarové vybavení. Obě části byly podrobně popsány v kapitolách 1 a 2. Tyto kapitoly tvořily pevný teoretický základ pro následující vypracování zbylých bodů zadání závěrečné práce.

Před vytvořením návrhu bylo potřeba se seznámit s konstrukcí, funkčností a programovým vybavením obou zařízení. Po fyzické prohlídce a prostudování potřebných závěrečných prací a dokumentů k oběma strojům byl sestaven postup, jakým se bude postupovat při jejich zprovoznění. Veškeré informace a podrobné popisy obou zařízení obsahuje kapitola 3.

Další kapitola práce popisuje realizaci samotné výrobní linky. Před fyzickým uspořádáním strojů do linky bylo potřeba provést potřebné fyzické úpravy a navrhnout budoucí uspořádání skrze využitelný prostor v laboratoři. První část kapitoly popisuje fyzické úpravy a přidání potřebných hardwarových prvků: u zařízení lis bylo převážně řešeno elektrické zapojení a u barmana pak pneumatické zapojení. Následovalo zprovoznění obou strojů pomocí posledních dostupných programů a informací. Po vytvoření návrhu uspořádání linky bylo fyzicky v laboratoři místo připraveno a změřeno, aby se ověřila možnost umístění obou strojů do tohoto prostoru. Jakmile byl návrh ověřen a odsouhlasen, byl proveden fyzický přesun zařízení a jejich seskupení do navržené podoby. Po dokončení byly veškeré potřebné komponenty spojeny do sítě pomocí switche, a tím byla zajištěna komunikace mezi všemi prvky.

Pro možné aplikování standardu ISA-95 na výrobní linku bylo potřeba realizovat dávkové řízení. Stručný popis dávkového řízení, návrh a jeho realizaci popisuje 5. kapitola. Jako návrh dávkového řízení byl vytvořen fyzický a procedurální model, oba modely slouží jako základ pro jeho realizaci. Dále bylo potřeba navrhnout stavový automat, který představoval jednotlivé kroky (fáze) navrženého řízení. Před realizací bylo potřeba na základě stavového automatu vytvořit program, na kterém byla ověřena a odladěna jeho funkčnost. Pomocí příslušných softwarů byl vytvořen fyzický model linky a v něm jednotlivé fáze, které byly importovány do projektu Studia 5000. Do vytvořených fází stačilo rozčlenit již připravený program. Dále bylo vytvořeno několik receptur, které jsou využívány pro výrobu. Hlavní výhodou receptur je jejich jednoduché vytváření a editace, která nijak neovlivňuje řídicí program příslušných fází.

Po úspěšné realizaci dávkového řízení bylo možno pokračovat v implementaci standardu ISA-95. Jako základ návrhu byl vytvořen model hierarchie, ze kterého jsou tvořeny následující modely ve všech použitých programech. Základem realizace je vytvoření a konfigurace Historian Serveru, který slouží pro sběr a archivaci všech vybraných datových bodů (tagů). Následovalo otestování funkčnosti sběru dat pomocí

nástroje PI System Management Tools. Následovala konfigurace aplikací, které využívaly archivovaná data a z nich analyzovaly a zobrazovaly potřebné ukazatele výroby. Díky aplikaci VantagePoint bylo možné datové body monitorovat pomocí live módu a vidět tak potřebná data i v reálném čase. Dále bylo díky této aplikaci vytvořeno spoustu časových trendů, které slouží ke grafickému zobrazení dat a zpětné analýze výroby.

Poslední část práce se zabývá ověřením navrženého a realizovaného řešení dávkového řízení a standardu ISA-95. Pro správné použití linky byl sepsán stručný návod, který popisuje, jak linku spustit a následně obsluhovat. Pro samotné ověření funkčnosti byla vytvořena testovací výroba, která se skládala z 11 výrobních dávek. Vytvoření dávek v Batch View, jejich následné spuštění a fyzické provedení výroby ověřuje funkčnost dávkového řízení. K monitorování výroby v reálném čase bylo před započítím výroby vytvořeno několik dashboardů, pomocí kterých bylo možné vidět, jak výroba probíhá a zároveň kontrolovat správný chod obou zařízení. Po dokončení výroby byly pomocí aplikace Trend vytvořeny jednotlivé trendy, ze kterých lze následně analyzovat např. časové prostoje ve výrobě nebo počet dobře a špatně vyrobených dávek. Na konci kapitoly je stručné zhodnocení celkové funkčnosti výrobní linky a konfigurace veškerých softwarových prostředků, které byly pro implementaci standardu použity. Korektním sběrem dat, možností monitorování výroby v reálném čase a následným zobrazením datových bodů pomocí trendů byla ověřena funkčnost implementace standardu ISA-95.

Provedením analýzy dat z provedené testovací výroby bylo vyhodnoceno, že nejpomalejší část linky, která způsobuje časové prodlevy ve výrobě, je obsluha. Ta je do výroby zapojena z důvodu potřeby odebrání vytvořených dávek, nanášení inkoustu na raznici a doplňování materiálu do strojů. Řešením je obsluhu nahradit robotickým manipulátorem, který by potřebné úkony zvládal provádět v přesných časových úsecích, a tím zamezil vzniku časových prodlev. Manipulátor by zautomatizoval celou linku, která je doposud kvůli potřebě obsluhy poloautomatická.

Budoucí práce na lince by mohla tedy spočívat ve vybrání manipulátoru a jeho následné zapojení do výrobní linky. Dále např. přidáním další výrobní buňky s nealkoholickými nápoji či výrobníkem sody. Případným vložením dalšího zařízení do výrobního řetězce upravit fyzické uspořádání a realizovat programové vybavení celé linky tak, aby byl zachován její koncept. Po fyzické stránce by bylo vhodné na obou zařízeních uzavřít místa s elektrickým zapojením do rozvaděčové skříně, a tím zvýšit bezpečnost obou strojů.



## LITERATURA

- [1] PÁSEK, J. a BRAUN, V. *Automatizace procesů II: Úroveň řízení výroby*, Učební text VUT, Brno [online]. [cit. 2020-12-21].
- [2] MUSIL, Z. *Použití standardu ISA95 na automatizovaném barmanovi* [online]. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vedoucí práce Radek Štohl.
- [3] RADIM, A. *Integrace procesů v průmyslovém podniku* [online prezentace]. [cit. 2017-12-13]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3140698/>
- [4] *Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology: ISA–95.00.01–2000, standard-pdf* [online]. [cit. 2020-12-21].
- [5] PODRABSKÝ, T. *Automatizovaný barman*. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016, 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [6] SIKORA, M. *Řízení modelu pneumatického lisu*. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 69 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [7] *SmartGuard 600 Controllers: User Manual-pdf* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1752-um001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1752-um001_-en-p.pdf)
- [8] SIKORA, M. *Řízení modelu pneumatického lisu – Report ze SmartGuard 600 viz. příloha práce*. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013.
- [9] NEŠPOR, T. *Bezpečnost modelu pneumatického lisu*. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [10] LESÁK, M. *Aplikace standardu ISA95 na destilační koloně*. Brno, 2019 [cit. 2020-12-21]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 90 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [11] *FactoryTalk: Historian* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/171-factorytalk-historian>
- [12] *FactoryTalk: Historian – pdf guide* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/hse-in025\\_-en-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/hse-in025_-en-e.pdf)
- [13] *FactoryTalk: Batch* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/168-factorytalk-batch>
- [14] *FactoryTalk: VantagePoint* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/185-factorytalk-vantagepoint>
- [15] *FactoryTalk: Metrics* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/182-factorytalk-metrics>

- [16] *FactoryTalk: VantagePoint* – obrázek. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: příklad z programu VantagePoint – náhled obrazovky
- [17] *Studio 5000, FactoryTalk View* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/1075-rslogixtm-500-a-studio-5000-logix-designer>
- [18] SLAVINSKÝ, V. *Batch control automatizovaného barmana* [online]. Brno, 2020 [cit. 2021-04-08]: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [19] *ISA-88, Standard ISA88* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa88>
- [20] KACZMARCZYK, V.; BENEŠL, T.; BAŠTÁN, O.; JIRGL, M. a PÁSEK J.; *Skripta MAUP: Návod do laboratorních cvičení.*, 77 [cit. 2021-04-08]
- [21] KACZMARCZYK, V. *Standard – S88: Výuková prezentace ke standardu S88* [online]. [cit. 2021-04-08].
- [22] *Norma S88: co lze nalézt v S88* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/co-lze-nalezet-v-norme-ansi/isa-88-01-2001\\_10\\_33691\\_1736/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/co-lze-nalezet-v-norme-ansi/isa-88-01-2001_10_33691_1736/)
- [23] HORÁK, L. *Použití standardu ISA 95 a virtualizace části výrobní linky* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-26]. Semestrální práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.
- [24] *FactoryTalk VantagePoint EMI: Student Manual*. [cit. 2021-04-26]. USA, 2017, Version: September 20, For use with RA Cbi.
- [25] *FactoryTalk VantagePoint EMI Lab Advanced Analytics: Lab Manual*. [cit. 2021-04-26]. USA, 2018, Version: IN07, For Classroom Use Only.
- [26] *FactoryTalk VantagePoint EMI Lab Introduction to Analytics: Lab Manual*. [cit. 2021-04-26]. USA, 2018, Version: IN08, For Classroom Use Only.
- [27] *FactoryTalk Metrics: User Guide; Performance & Visibility*. [cit. 2021-04-26]. USA, 2014, Version June. Dostupné z: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/plmt-um001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/plmt-um001_-en-p.pdf)
- [28] *FactoryTalk Historian SE: Historian Interface; User Guide; Data Management*. [cit. 2021-04-26]. USA, 2012, Version July. Dostupné z: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/h2h-um001\\_-en-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/h2h-um001_-en-e.pdf)

## SEZNAM ZKRATEK

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
MES	Manufacturing Execution Systems – Výrobní informační systém
ERP	Enterprise Resource Planning – Podnikový výrobní systém
MOM	Manufacturing Operations Management – Výrobní informační systém
S95	ISA-95 – Standard
S88	ISA-88 – Standard
FT	FactoryTalk – Softwarová platforma
OEE	Overall Equipment Effectiveness – Celková efektivnost zařízení
PLC	Programmable Logic Controller – Programovatelný logický automat
LAD	Ladder Diagram – Programovací jazyk
ST	Structured Text – Programovací jazyk
PC	Personal Computer – Počítač
UTP	Unshielded Twisted Pair – Kroucená dvojlinka

# SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA A – POSTUP OBSLUHOVÁNÍ LINKY.....91**

**PŘÍLOHA B – OBSAH PŘILOŽENÉHO CD DISKU**

- Složka Text práce obsahující Diplomovou práci
- Složka FT Batch Recipe obsahující export receptur
- Složka FT Equipment Editor obsahující konfiguraci Linky
- Složka FT Historian SE obsahující export datových bodů
- Složka FT Metrics obsahující report Linky
- Složka FT VantagePoint obsahující export modelu
- Složka PLC ControlLogix obsahující projekty Studia 5000
- Složka PLC SmartGuard 600 obsahující projekt RSNetWorx
- Složka Schémata obsahující jednotlivá schémata zapojení lisu

## Příloha A - Postup obsluhování linky

- 1) Spustit síťový switch + PC, dále je potřeba všechna zařízení zapojit ke zdroji elektrické energie.
- 2) Po spuštění všech částí bude připravenost výroby na zařízeních signalizována oranžovou barvou na signalizačním majáku.
- 3) Na PC se přihlásit heslem: student-se2.131 a spustit WindowsServer2012 pomocí programu VirtualBox, pro přihlášení do serveru je potřeba se dostat do přihlašovacího okna klávesovou zkratkou ctrl+del a následně vyplnit heslo: student-se2.131.
- 4) Na serveru je nutné zapnout Batch Service Manager a spustit FT Batch Server – počkat, až bude spuštěn.
- 5) Mezitím je dobré zkontrolovat láhve a skleničky v barmanovi a také dostatek tácků v lisu, v případě potřeby je doplnit a také si nachystat ze skladu zásoby těchto materiálů k jednotlivým strojům.
- 6) Spuštění Batch Serveru je signalizováno zelenou kontrolkou na signalizačním majáku v příslušném programu (Program chod Serveru signalizuje pomocí barevného majáku), dále je třeba spustit Batch View a tam si vytvořit jednotlivé dávky, které se budou vyrábět.
- 7) Dále v programu FT Transaction Manager spustit sběr dat, který bude využit k analýze výkonosti linky v programu Configuration Console.
- 8) Nástrojem PI Systém Management Tools je možné vybrat tagy, které je třeba sledovat v reálném čase výroby (data lze vidět číselně).
- 9) Bod 8 lze provádět také v programu FT VantagePoint, který umožňuje spustit Live mode, kde vidíme průběh výroby (data lze vidět graficky).
- 10) Po nastavení veškerých monitorovacích aplikací je možné se vrátit do Batch View a připravené dávky spustit.
- 11) Během výroby jde tedy sledovat naše předem zvolené datové body a monitorovat výrobu.
- 12) Pro přehlednost bylo vyrobeno i několik dashboardů v aplikaci VantagePoint Mobile, které stačí spustit a v reálném čase vidět průběh výroby na vybraném zařízení.
- 13) Po dokončení výroby lze v aplikacích VantagePoint Trend a VantagePoint Mobile vytvářet reporty nebo různé grafické přehledy všech potřebných aspektů.
- 14) Dále už lze vyrábět a sledovat data výroby podle potřeby.
- 15) Po ukončení výroby stačí uložit veškeré potřebné reporty a přehledy.
- 16) Následně ukončit veškeré programy a zastavit Batch Server.
- 17) Vypnout jednotlivá zařízení.
- 18) Vypnout PC, uklidit a ujistit se, že je bezpečné opustit pracoviště.